

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-212983

**(43)Date of publication of application : 11.08.1998**

(51)Int.Cl.

**F02D 29/02**

**B60L 11/14**

**F02N 11/04**

**F02N 11/08**

(21)Application number : 09-031162

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 29.01.1997

(72)Inventor : NISHIGAKI TAKAHIRO

KANAI HIROSHI ·

**TAKAOKA TOSHIBUMI**

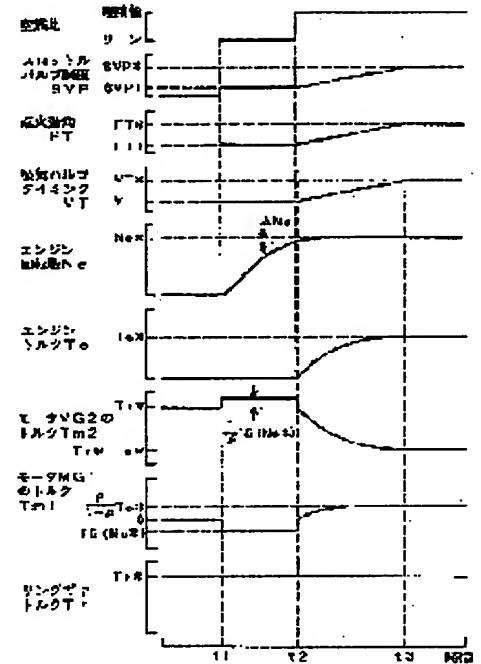
**NAGASE KENICHI**

(54) POWER OUTPUT DEVICE

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce torque shock generated on a driving shaft in association with start and stop of an internal combustion engine.

**SOLUTION:** An air-fuel ratio is set to a lean condition, a throttle valve opening is set to a value  $SVP_1$ , a timing advance  $FT$  is set to the latest timing  $FT_1$ , and an intake valve timing is set to the latest timing  $VT_1$  so as to operate an engine by a target engine speed  $Ne^*$  without a torque output, and the engine is started by a start torque from a motor  $MG_1$ . At this time, a motor  $MG_2$  is controlled so as to cancel the start torque outputted to a ring gear connected to the driving shaft. After start, the air-fuel ratio is set as a stoichiometric value, the throttle valve opening, the timing advance, and the intake valve timing are gradually increased toward an optimal value, the output torque from the engine is set as a target torque  $Te^*$ , and also the sum of torque outputted from the engine to the ring gear is set as a target torque  $Tr^*$  by controlling the motor  $MG_2$ .



## LEGAL STATUS

**[Date of request for examination]**

09.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3219006

[Date of registration]

10.08.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE LEFT BLANK

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-212983

(43)公開日 平成10年(1998) 8月11日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

F 0 2 D 29/02

F 0 2 D 29/02

D

B 6 0 L 11/14

B 6 0 L 11/14

F 0 2 N 11/04

F 0 2 N 11/04

D

11/08

11/08

V

審査請求 未請求 請求項の数12 F D (全 40 頁)

(21)出願番号

特願平9-31162

(22)出願日

平成9年(1997) 1月29日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 西垣 隆弘

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 金井 弘

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 高岡 俊文

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74)代理人 弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名)

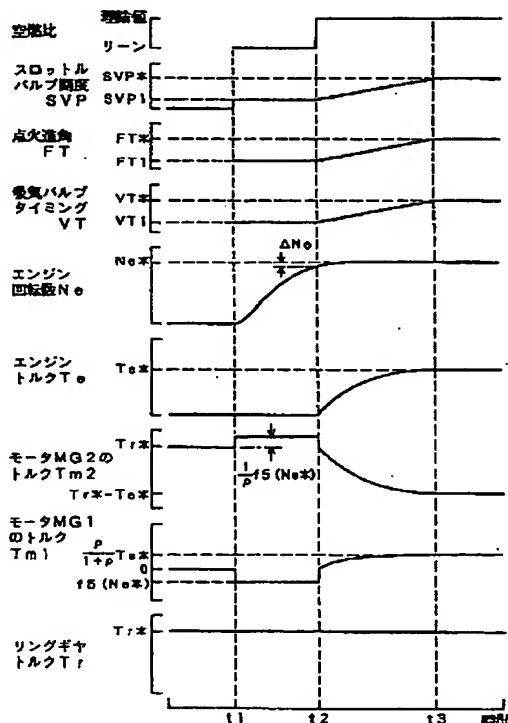
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 動力出力装置

(57)【要約】

【課題】 内燃機関の始動や停止に伴って駆動軸に生じ得るトルクショックを小さくする。

【解決手段】 トルク出力なしに目標回転数 $N_{e*}$ でエンジンが運転されるよう空燃比をリーンに、スロットルバルブ開度を値 $SVP1$ に、点火進角 $FT$ を最遅角 $FT1$ に、吸気バルブタイミングを最遅角 $VT1$ に設定してモータMG1からの始動トルクによりエンジンを始動する。このとき、駆動軸に結合されたリングギヤに出力される始動トルクを打ち消すようモータMG2を制御する。始動後は、空燃比を理論値とし、スロットルバルブ開度や点火進角、吸気バルブタイミングを徐々に最適値に向けて増加してエンジンからの出力トルクを目標トルク $T_{e*}$ とすると共に、その増加の最中はエンジンからリングギヤに出力されるトルクとの和が目標トルク $T_{r*}$ となるようモータMG2を制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 駆動軸に動力を出力可能な内燃機関と電動機とを備える動力出力装置であって、前記駆動軸に出力すべき要求動力を設定する要求動力設定手段と、

該設定された要求動力に基づいて前記内燃機関から出力する目標動力を設定する目標動力設定手段と、

前記内燃機関が停止しているときに前記目標動力設定手段がゼロでない値の目標動力を設定したとき、前記駆動軸にトルクを出力できる状態で該出力されるトルクが小さくなるよう該内燃機関を始動すると共に、該内燃機関から出力される動力が徐々に該目標動力になるよう該内燃機関の運転を制御する内燃機関運転制御手段と、前記内燃機関運転制御手段による前記内燃機関の始動に伴って前記駆動軸に出力されるトルクの変動を打ち消すよう前記電動機を駆動制御すると共に、前記内燃機関運転制御手段による前記内燃機関の運転制御によって前記内燃機関から出力される動力と前記要求動力との偏差の動力が前記電動機から出力されるよう該電動機を駆動制御する電動機駆動制御手段とを備える動力出力装置。

【請求項2】 前記内燃機関運転制御手段は、前記内燃機関への吸入空気量を調節するスロットルバルブの開度を、該内燃機関の始動時には該内燃機関から出力されるトルクが小さくなる所定の開度とし、該内燃機関の始動後は徐々に前記目標動力に対応する開度となるよう制御する手段である請求項1記載の動力出力装置。

【請求項3】 前記内燃機関運転制御手段は、前記内燃機関の点火時期を、前記内燃機関の始動時には可燃範囲内の遅角側の所定の点火時期とし、該内燃機関の始動後は徐々に最適な点火時期となるよう遅角させる手段である請求項1または2記載の動力出力装置。

【請求項4】 前記内燃機関運転制御手段は、前記内燃機関の吸気バルブの開閉時期を、該内燃機関の始動時には運転可能範囲内の遅角側の所定の開閉時期とし、該内燃機関の始動後は徐々に最適な開閉時期となるよう遅角させる手段である請求項1ないし3いずれか記載の動力出力装置。

【請求項5】 前記内燃機関運転制御手段は、前記内燃機関の空燃比を、該内燃機関の始動時には可燃範囲内のリーン側の所定の比とし、該内燃機関の始動後は徐々に最適な空燃比となるよう燃料噴射量を制御する手段である請求項1ないし4いずれか記載の動力出力装置。

【請求項6】 駆動軸に動力を出力可能な内燃機関と電動機とを備える動力出力装置であって、前記駆動軸に出力すべき要求動力を設定する要求動力設定手段と、

該設定された要求動力に基づいて前記内燃機関から出力する目標動力を設定する目標動力設定手段と、

前記内燃機関が運転されているときに前記目標動力設定手段が値0の目標動力を設定したとき、前記駆動軸にト

ルクを出力できる状態で該出力されるトルクが徐々に小さくなるよう該内燃機関の運転を制御すると共に、該内燃機関の運転状態が出力されるトルクが小さな値となる所定の状態となったとき該内燃機関の運転を停止する内燃機関運転制御手段と、

前記内燃機関運転制御手段による前記内燃機関の運転制御によって該内燃機関から出力される動力と前記要求動力との偏差の動力が前記電動機から出力されるよう該電動機を駆動制御すると共に、該内燃機関の停止に伴って前記駆動軸に出力されるトルクの変動を打ち消すよう前記電動機を駆動制御する電動機駆動制御手段とを備える動力出力装置。

【請求項7】 前記内燃機関運転制御手段は、前記内燃機関への吸入空気量を調節するスロットルバルブの開度を、前記目標動力の設定される直前の開度から徐々に該内燃機関から出力されるトルクが小さくなる所定の開度となるよう制御する手段である請求項6記載の動力出力装置。

【請求項8】 前記内燃機関運転制御手段は、前記内燃機関の点火時期を、最適な点火時期から徐々に可燃範囲内の遅角側の所定の点火時期となるよう遅角させる手段である請求項6または7記載の動力出力装置。

【請求項9】 前記内燃機関運転制御手段は、前記内燃機関の吸気バルブの開閉時期を、最適な開閉時期から徐々に運転可能範囲内の遅角側の所定の開閉時期に遅角させる手段である請求項6ないし8いずれか記載の動力出力装置。

【請求項10】 前記内燃機関運転制御手段は、前記内燃機関の空燃比を、最適な空燃比から徐々に可燃範囲内のリーン側の所定の比となるよう燃料噴射量を制御する手段である請求項6ないし9いずれか記載の動力出力装置。

【請求項11】 請求項1ないし10いずれか記載の動力出力装置であって、

前記内燃機関の出力軸に結合された第1のロータと、前記駆動軸に結合され該第1のロータに対して相対的に回転可能な第2のロータとを有し、該両ロータ間の電磁的な結合を介して前記内燃機関の出力軸と該駆動軸との間で動力のやり取りをすると共に該両ロータ間の回転差に基づいて電力を回生または消費する対ロータ電動機を備え、

前記内燃機関運転制御手段は、前記内燃機関が前記駆動軸にトルクを出力できる回転状態となるよう前記対ロータ電動機を駆動制御する対ロータ電動機駆動制御手段を備える動力出力装置。

【請求項12】 請求項1ないし10いずれか記載の動力出力装置であって、回転軸を有し、該回転軸と動力のやり取りを行なう第2の電動機と、

前記駆動軸と前記内燃機関の出力軸と前記回転軸とに各

10

20

30

40

50

々結合される3軸を有し、該3軸のうちいずれか2軸へ動力が入出力されたとき、該入出力された動力に基づいて定まる動力を残余の1軸へ入出力する3軸式動力入出力手段とを備え、

前記内燃機関運転制御手段は、前記内燃機関が前記駆動軸にトルクを出力できる回転状態となるよう前記第2の電動機を駆動制御する第2電動機駆動制御手段を備える動力出力装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、動力出力装置に関し、詳しくは、駆動軸に動力を出力可能な内燃機関と電動機とを備える動力出力装置に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】従来、この種の動力出力装置としては、車両に搭載される動力出力装置であって、車両の駆動軸にディファレンシャルギヤを介して結合された駆動軸を直接回転駆動する電動機と、駆動軸とプラネタリギヤを介して接続された内燃機関とを備え、電動機により駆動軸を回転駆動している最中に、電動機から出力されるトルクにより内燃機関をクランキングして内燃機関を始動する装置が提案されている（例えば、特開平6-17727号公報など）。この装置では、プラネタリギヤのリングギヤには駆動軸が結合されており、プラネタリギヤのキャリアには内燃機関の出力軸が結合されている。プラネタリギヤのサンギヤには、サンギヤの回転軸を回転不能に車体に固定するブレーキと、キャリアと一体となって回転できるようキャリアに固定するクラッチが設けられている。このため、ブレーキによりサンギヤの回転軸を車体に固定すると共にクラッチを解放した状態で内燃機関からトルクを出力すれば、内燃機関から出力される動力がプラネタリギヤを介して駆動軸に出力され、駆動軸を回転駆動することができる。また、ブレーキとクラッチとを共に解放した状態とすれば、内燃機関を停止した状態で電動機により駆動軸を回転駆動することができる。この装置では、こうした内燃機関を停止した状態で電動機により駆動軸を回転駆動している最中に内燃機関を始動するときには、クラッチを係合させて電動機から出力されるトルクにより内燃機関をクランキングする。こうしたクランキングに伴って駆動軸に出力されるトルクが落ち込むが、この装置では、この落ち込みを少なくするために電動機のトルク指令値を所定値だけ高くしている。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、こうした動力出力装置では、内燃機関の始動時に駆動軸にトルクショックが生じるという問題があった。内燃機関の始動時に内燃機関から出力されるトルクは、クランキング時には負の値であり、イグニッションオン直後では急変動する正の値となるから、単に電動機のトルク指令値を

所定値だけ高くするだけでは駆動軸に生じるトルクショックは押さえきれない。

【0004】また、上述の装置では、内燃機関を始動した後、駆動軸に要求される動力のうち内燃機関で受け持つ動力を内燃機関から出力するまでの間に駆動軸に出力されるトルクに操作者の予期しない変動が生じるといった問題があった。上述の公報には、内燃機関の始動時のトルク制御についてのみ記載しているだけで、始動した後、内燃機関で受け持つ動力を出力するまでの間のトルク制御については記載されていない。始動直後の内燃機関から出力されるトルクの変動は急激だから、適切なトルク制御を行わないと、内燃機関から出力されるトルクと電動機から出力されるトルクとの和が要求トルクを大きく越えたり下回ったりして駆動軸に出力されるトルクに操作者の予期しない変動が生じてしまう。

【0005】本発明の動力出力装置は、上述の問題に鑑み、内燃機関の始動に伴って駆動軸に生じ得るトルクショックを小さくすることを目的の一つとする。また、本発明の動力出力装置は、内燃機関を始動した後、駆動軸に要求される動力のうち内燃機関で受け持つ動力を内燃機関から出力するまでの間に駆動軸に出力されるトルクの予期しない変動を小さくすることを目的の一つとする。

【0006】この他、本発明の動力出力装置は、内燃機関の停止に伴って駆動軸に生じ得るトルクショックを小さくすることを目的の一つとする。また、本発明の動力出力装置は、内燃機関の停止の指令が出された後、停止に至るまでの間に駆動軸に出力されるトルクの予期しない変動を小さくすることを目的の一つとする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】本発明の第1および第2の動力出力装置は、上述の目的の少なくとも一部を達成するために以下の手段を採った。

【0008】本発明の第1の動力出力装置は、駆動軸に動力を出力可能な内燃機関と電動機とを備える動力出力装置であって、前記駆動軸に出力すべき要求動力を設定する要求動力設定手段と、該設定された要求動力に基づいて前記内燃機関から出力する目標動力を設定する目標動力設定手段と、前記内燃機関が停止しているときに前記目標動力設定手段がゼロでない値の目標動力を設定したとき、前記駆動軸にトルクを出力できる状態で該出力されるトルクが小さくなるよう該内燃機関を始動すると共に、該内燃機関から出力される動力が徐々に該目標動力になるよう該内燃機関の運転を制御する内燃機関運転制御手段と、前記内燃機関運転制御手段による前記内燃機関の始動に伴って前記駆動軸に出力されるトルクの変動を打ち消すよう前記電動機を駆動制御すると共に、前記内燃機関運転制御手段による前記内燃機関の運転制御によって前記内燃機関から出力される動力と前記要求動力との偏差の動力が前記電動機から出力されるよう該電

動機を駆動制御する電動機駆動制御手段とを備えることを要旨とする。

【0009】この本発明の動力出力装置は、目標動力設定手段が、要求動力設定手段によって設定された駆動軸に出力すべき要求動力に基づいて内燃機関から出力する目標動力を設定する。内燃機関運転制御手段は、内燃機関が停止しているときに目標動力設定手段がゼロでない値の目標動力を設定したときには、駆動軸にトルクを出力できる状態でこの出力されるトルクが小さくなるよう内燃機関を始動すると共に、内燃機関から出力される動力が徐々に目標動力になるよう内燃機関の運転を制御する。そして、電動機駆動制御手段は、内燃機関運転制御手段による内燃機関の始動に伴って駆動軸に出力されるトルクの変動を打ち消すよう電動機を駆動制御すると共に、内燃機関運転制御手段による内燃機関の運転制御によって内燃機関から出力される動力と要求動力との偏差の動力が電動機から出力されるよう電動機を駆動制御する。

【0010】ここで、「駆動軸にトルクを出力できる状態でこの出力されるトルクが小さくなるよう内燃機関を始動する」とは、内燃機関を始動したときの運転状態が、駆動軸にトルクを出力できる状態であり、かつ内燃機関から駆動軸に出力されるトルクが値0かあるいは小さな値となるよう内燃機関を始動することを意味し、例えば、内燃機関への吸入空気量を調節するスロットルバルブの開度を内燃機関から出力されるトルクが小さくなる所定の開度としたり、内燃機関の点火時期を可燃範囲内の遅角側の所定の点火時期としたり、あるいは、内燃機関の吸気バルブの開閉時期を内燃機関の運転可能範囲内の遅角側の所定の開閉時期としたり、内燃機関の空燃比を可燃範囲内のリーン側の所定の比としたりすること等によって行うことができる。なお、これらの手法は、単独に行っても2以上の手法を複合させて行ってもよい。

【0011】また、「内燃機関から出力される動力が徐々に目標動力になるよう内燃機関の運転を制御」する手法としては、内燃機関への吸入空気量を調節するスロットルバルブの開度を前述の所定の開度から徐々に目標動力に対応する開度となるよう制御したり、内燃機関の点火時期を前述の遅角側の所定の点火時期から徐々に最適な点火時期となるよう進角させたり、あるいは、内燃機関の吸気バルブの開閉時期を前述の遅角側の所定の開閉時期から徐々に最適な開閉時期となるよう進角させたり、内燃機関の空燃比を前述のリーン側の所定の比から徐々に最適な空燃比となるよう燃料噴射量を制御したりする等がある。もとより、これらの手法は単独に行っても2以上の手法を複合させて行ってもよい。

【0012】こうした本発明の動力出力装置によれば、駆動軸にトルクを出力できる状態でかつ出力されるトルクが小さくなるよう内燃機関を始動すると共に、内燃機

関の始動に伴って駆動軸に出力されるトルクの変動を打ち消すよう電動機を駆動制御するから、内燃機関の始動時に駆動軸に生じるトルクショックをより小さくすることができる。また、内燃機関の始動後は、内燃機関から出力される動力が徐々に目標動力になるよう内燃機関の運転を制御すると共に、内燃機関から出力される動力と要求動力との偏差の動力が電動機から出力されるよう電動機を駆動制御するから、駆動軸に要求される動力のうち内燃機関で受け持つ動力を内燃機関から出力するまでの間に駆動軸に生じるトルクショックをより小さくすることができる。

【0013】本発明の第2の動力出力装置は、駆動軸に動力を出力可能な内燃機関と電動機とを備える動力出力装置であって、前記駆動軸に出力すべき要求動力を設定する要求動力設定手段と、該設定された要求動力に基づいて前記内燃機関から出力する目標動力を設定する目標動力設定手段と、前記内燃機関が運転されているときに前記目標動力設定手段が値0の目標動力を設定したとき、前記駆動軸にトルクを出力できる状態で該出力されるトルクが徐々に小さくなるよう該内燃機関の運転を制御すると共に、該内燃機関の運転状態が出力されるトルクが小さな値となる所定の状態となったとき該内燃機関の運転を停止する内燃機関運転制御手段と、前記内燃機関運転制御手段による前記内燃機関の運転制御によって該内燃機関から出力される動力と前記要求動力との偏差の動力が前記電動機から出力されるよう該電動機を駆動制御すると共に、該内燃機関の停止に伴って前記駆動軸に出力されるトルクの変動を打ち消すよう前記電動機を駆動制御する電動機駆動制御手段とを備えることを要旨とする。

【0014】この本発明の第2の動力出力装置は、目標動力設定手段が、要求動力設定手段によって設定された駆動軸に出力すべき要求動力に基づいて内燃機関から出力する目標動力を設定する。内燃機関運転制御手段は、内燃機関が運転されているときに目標動力設定手段が値0の目標動力を設定したときには、駆動軸にトルクを出力できる状態で出力されるトルクが徐々に小さくなるよう内燃機関の運転を制御すると共に、内燃機関の運転状態が出力されるトルクが小さな値となる所定の状態となったとき内燃機関の運転を停止する。そして、電動機駆動制御手段は、内燃機関運転制御手段による内燃機関の運転制御によって内燃機関から出力される動力と要求動力との偏差の動力が電動機から出力されるよう電動機を駆動制御すると共に、内燃機関の停止に伴って駆動軸に出力されるトルクの変動を打ち消すよう電動機を駆動制御する。

【0015】ここで、「駆動軸にトルクを出力できる状態で出力されるトルクが徐々に小さくなるよう内燃機関の運転を制御」する手法としては、内燃機関への吸入空気量を調節するスロットルバルブの開度を目標動力の設

10

20

30

40

50

定される直前の開度から徐々に内燃機関から出力されるトルクが小さくなる所定の開度となるよう制御したり、内燃機関の点火時期を最適な点火時期から徐々に可燃範囲内の遅角側の所定の点火時期となるよう遅角させたり、あるいは、内燃機関の吸気バルブの開閉時期を最適な開閉時期から徐々に運転可能範囲内の遅角側の所定の開閉時期に遅角させたり、内燃機関の空燃比を最適な空燃比から徐々に可燃範囲内のリーン側の所定の比となるよう燃料噴射量を制御したりする等がある。これらの手法は、単独に行っても2以上の手法を複合させて行ってもよい。

【0016】また、「内燃機関の運転状態が出力されるトルクが小さな値となる所定の状態となったとき」とは、内燃機関への吸入空気量を調節するスロットルバルブの開度が前述の所定の開度となったときや、内燃機関の点火時期が前述の遅角側の所定の点火時期となったとき、あるいは、内燃機関の吸気バルブの開閉時期が前述の遅角側の所定の開閉時期になったときや、内燃機関の空燃比が前述のリーン側の所定の比となったとき等の状態をいう。これらの状態は、単独に成立するものとしてもよく、2以上の成立を要求するものとしてもよい。

【0017】こうした本発明の第2の動力出力装置によれば、駆動軸にトルクを出力できる状態で出力されるトルクが徐々に小さくなるよう内燃機関の運転を制御すると共に、内燃機関から出力される動力と要求動力との偏差の動力が電動機から出力されるよう電動機を駆動制御するから、内燃機関の停止の指令が出された後、停止に至るまでの間に駆動軸に出力されるトルクの予期しない変動を小さくすることができる。また、内燃機関の運転状態が出力されるトルクが小さな値となる所定の状態となったときに、内燃機関の運転を停止すると共に、内燃機関の停止に伴って駆動軸に出力されるトルクの変動を打ち消すよう電動機を駆動制御するから、内燃機関の停止の際に駆動軸に生じるトルクショックを小さくすることができる。

【0018】こうした本発明の第1または第2の動力出力装置において、前記内燃機関の出力軸に結合された第1のロータと、前記駆動軸に結合され該第1のロータに対して相対的に回転可能な第2のロータとを有し、該両ロータ間の電磁的な結合を介して前記内燃機関の出力軸と該駆動軸との間で動力のやり取りをすると共に該両ロータ間の回転差に基づいて電力を回生または消費する対ロータ電動機を備え、前記内燃機関運転制御手段は、前記内燃機関が前記駆動軸にトルクを出力できる回転状態となるよう前記対ロータ電動機を駆動制御する対ロータ電動機駆動制御手段を備えるものとするとしてもできる。

【0019】また、本発明の第1または第2の動力出力装置において、回転軸を有し、該回転軸と動力のやり取りを行なう第2の電動機と、前記駆動軸と前記内燃機関の出力軸と前記回転軸とに各々結合される3軸を有し、

該3軸のうちいずれか2軸へ動力が入出力されたとき、該入出力された動力に基づいて定まる動力を残余の1軸へ入出力する3軸式動力入出力手段とを備え、前記内燃機関運転制御手段は、前記内燃機関が前記駆動軸にトルクを出力できる回転状態となるよう前記第2の電動機を駆動制御する第2電動機駆動制御手段を備えるものとするとしてもできる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を実施例に基づいて説明する。図1は本発明の一実施例としての動力出力装置110の概略構成を示す構成図、図2は実施例の動力出力装置110の部分拡大図、図3は実施例の動力出力装置110を組み込んだ車両の概略構成を示す構成図である。説明の都合上、まず図3を用いて、車両全体の構成から説明する。

【0021】図3に示すように、この車両は、ガソリンを燃料として動力を出力するエンジン150を備える。このエンジン150は、吸気系からスロットルバルブ166を介して吸入した空気と燃料噴射弁151から噴射されたガソリンとの混合気を吸気弁152を介して燃焼室154に吸入し、この混合気の爆発により押し下げられるピストン155の運動をクランクシャフト156の回転運動に変換する。ここで、スロットルバルブ166はアクチュエータ168により開閉駆動される。点火プラグ162は、イグナイタ158からディストリビュータ160を介して導かれた高電圧によって電気火花を形成し、混合気はその電気火花によって点火されて爆発燃焼する。

【0022】このエンジン150は、吸気弁152の開閉タイミングVTを変更する開閉タイミング変更機構153を備える。この開閉タイミング変更機構153は、吸気弁152を開閉駆動する図示しない吸気カムシャフトのクランク角に対する位相を進角または遅角することにより吸気弁152の開閉タイミングを調整する。なお、吸気カムシャフトの位相の進角および遅角は、吸気カムシャフトのポジションを検出するカムシャフトポジションセンサ173により検出される信号に基づいて、後述する電子制御ユニット170により目標の位相となるようフィードバック制御がなされる。

【0023】このエンジン150の運転は、電子制御ユニット（以下、ECUと呼ぶ）170により制御されている。ECU170には、エンジン150の運転状態を示す種々のセンサが接続されている。例えば、スロットルバルブ166の開度（ポジション）SVを検出するスロットルバルブポジションセンサ167、エンジン150の負荷を検出する吸気管負圧センサ172、吸気カムシャフトのポジションを検出するカムシャフトポジションセンサ173、エンジン150の水温を検出する水温センサ174、ディストリビュータ160に設けられクランクシャフト156の回転数と回転



角度を検出する回転数センサ176及び回転角度センサ178などである。なお、E F I E C U 170には、この他、例えばイグニッションキーの状態STを検出するスタータスイッチ179なども接続されているが、その他のセンサ、スイッチなどの図示は省略した。

【0024】エンジン150のクランクシャフト156は、後述するプラネタリギヤ120やモータMG1、モータMG2を介して駆動軸112を回転軸とする動力伝達ギヤ111に機械的に結合されており、この動力伝達ギヤ111はディファレンシャルギヤ114にギヤ結合されている。したがって、動力出力装置110から出力された動力は、最終的に左右の駆動輪116、118に伝達される。モータMG1およびモータMG2は、制御装置180に電氣的に接続されており、この制御装置180によって駆動制御される。制御装置180の構成は後で詳述するが、内部には制御CPUが備えられており、シフトレバー182に設けられたシフトポジションセンサ184やアクセルペダル164に設けられたアクセルペダルポジションセンサ164a、ブレーキペダル165に設けられたブレーキペダルポジションセンサ165aなども接続されている。また、制御装置180は、上述したE F I E C U 170と通信により、種々の情報をやり取りしている。これらの情報のやり取りを含む制御については、後述する。

【0025】図1に示すように、実施例の動力出力装置110は、大きくは、エンジン150、エンジン150のクランクシャフト156にプラネタリキャリア124が機械的に結合されたプラネタリギヤ120、プラネタリギヤ120のサンギヤ121に結合されたモータMG1、プラネタリギヤ120のリングギヤ122に結合されたモータMG2およびモータMG1、MG2を駆動制御する制御装置180から構成されている。

【0026】プラネタリギヤ120およびモータMG1、MG2の構成について、図2により説明する。プラネタリギヤ120は、クランクシャフト156に軸中心を貫通された中空のサンギヤ軸125に結合されたサンギヤ121と、クランクシャフト156と同軸のリングギヤ軸126に結合されたリングギヤ122と、サンギヤ121とリングギヤ122との間に配置されサンギヤ121の外周を自転しながら公転する複数のプラネタリピニオンギヤ123と、クランクシャフト156の端部に結合され各プラネタリピニオンギヤ123の回転軸を軸支するプラネタリキャリア124とから構成されている。このプラネタリギヤ120では、サンギヤ121、リングギヤ122およびプラネタリキャリア124にそれぞれ結合されたサンギヤ軸125、リングギヤ軸126およびクランクシャフト156の3軸が動力の入出力軸とされ、3軸のうちいずれか2軸へ入出力される動力が決定されると、残余の1軸に入出力される動力は決定された2軸へ入出力される動力に基づいて定まる。な

お、このプラネタリギヤ120の3軸への動力の入出力についての詳細は後述する。

【0027】リングギヤ122には、動力の取り出し用の動力取出ギヤ128が結合されている。この動力取出ギヤ128は、チェーンベルト129により動力伝達ギヤ111に接続されており、動力取出ギヤ128と動力伝達ギヤ111との間で動力の伝達が行なわれる。

【0028】モータMG1は、同期電動発電機として構成され、外周面に複数の永久磁石135を有するロータ132と、回転磁界を形成する三相コイル134が巻回されたステータ133とを備える。ロータ132は、プラネタリギヤ120のサンギヤ121に結合されたサンギヤ軸125に結合されている。ステータ133は、無方向性電磁鋼板の薄板を積層して形成されており、ケース115に固定されている。このモータMG1は、永久磁石135による磁界と三相コイル134によって形成される磁界との相互作用によりロータ132を回転駆動する電動機として動作し、永久磁石135による磁界とロータ132の回転との相互作用により三相コイル134の両端に起電力を生じさせる発電機として動作する。なお、サンギヤ軸125には、その回転角度 $\theta_s$ を検出するレゾルバ139が設けられている。

【0029】モータMG2も、モータMG1と同様に同期電動発電機として構成され、外周面に複数の永久磁石145を有するロータ142と、回転磁界を形成する三相コイル144が巻回されたステータ143とを備える。ロータ142は、プラネタリギヤ120のリングギヤ122に結合されたリングギヤ軸126に結合されており、ステータ143はケース115に固定されている。モータMG2のステータ143も無方向性電磁鋼板の薄板を積層して形成されている。このモータMG2もモータMG1と同様に、電動機あるいは発電機として動作する。なお、リングギヤ軸126には、その回転角度 $\theta_r$ を検出するレゾルバ149が設けられている。

【0030】次に、モータMG1、MG2を駆動制御する制御装置180について説明する。図1に示すように、制御装置180は、モータMG1を駆動する第1の駆動回路191、モータMG2を駆動する第2の駆動回路192、両駆動回路191、192を制御する制御CPU190、二次電池であるバッテリー194から構成されている。制御CPU190は、1チップマイクロプロセッサであり、内部に、ワーク用のRAM190a、処理プログラムを記憶したROM190b、入出力ポート（図示せず）およびE F I E C U 170と通信を行なうシリアル通信ポート（図示せず）を備える。この制御CPU190には、レゾルバ139からのサンギヤ軸125の回転角度 $\theta_s$ 、レゾルバ149からのリングギヤ軸126の回転角度 $\theta_r$ 、アクセルペダルポジションセンサ164aからのアクセルペダルポジション（アクセルペダルの踏込量）AP、ブレーキペダルポジションセン



サ165aからのブレーキペダルポジション（ブレーキペダルの踏込量）BP、シフトポジションセンサ184からのシフトポジションSP、第1の駆動回路191に設けられた2つの電流検出器195、196からの電流値 $I_{u1}$ 、 $I_{v1}$ 、第2の駆動回路192に設けられた2つの電流検出器197、198からの電流値 $I_{u2}$ 、 $I_{v2}$ 、バッテリー194の残容量を検出する残容量検出器199からの残容量BRMなどが、入力ポートを介して入力されている。なお、残容量検出器199は、バッテリー194の電解液の比重またはバッテリー194の全体の重量を測定して残容量を検出するものや、充電・放電の電流値と時間を演算して残容量を検出するものや、バッテリーの端子間を瞬間的にショートさせて電流を流し内部抵抗を測ることにより残容量を検出するものなどが知られている。

【0031】また、制御CPU190からは、第1の駆動回路191に設けられたスイッチング素子である6個のトランジスタ $T_{r1}$ ないし $T_{r6}$ を駆動する制御信号SW1と、第2の駆動回路192に設けられたスイッチング素子としての6個のトランジスタ $T_{r11}$ ないし $T_{r16}$ を駆動する制御信号SW2とが出力されている。第1の駆動回路191内の6個のトランジスタ $T_{r1}$ ないし $T_{r6}$ は、トランジスタインバータを構成しており、それぞれ、一対の電源ラインL1、L2に対してソース側とシンク側となるよう2個ずつペアで配置され、その接続点に、モータMG1の三相コイル(UVW)134の各々が接続されている。電源ラインL1、L2は、バッテリー194のプラス側とマイナス側に、それぞれ接続されているから、制御CPU190により対をなすトランジスタ $T_{r1}$ ないし $T_{r6}$ のオン時間の割合を制御信号SW1により順次制御し、三相コイル134の各コイルに流れる電流を、PWM制御によって擬似的な正弦波にすると、三相コイル134により、回転磁界が形成される。

【0032】他方、第2の駆動回路192の6個のトランジスタ $T_{r11}$ ないし $T_{r16}$ も、トランジスタインバータを構成しており、それぞれ、第1の駆動回路191と同様に配置されていて、対をなすトランジスタの接続点は、モータMG2の三相コイル144の各々に接続されている。したがって、制御CPU190により対をなすトランジスタ $T_{r11}$ ないし $T_{r16}$ のオン時間を制御信号SW2により順次制御し、各コイル144に流れる電流を、PWM制御によって擬似的な正弦波にすると、三相コイル144により、回転磁界が形成される。

【0033】以上構成を説明した実施例の動力出力装置110の動作について説明する。実施例の動力出力装置110の動作原理、特にトルク変換の原理は以下の通りである。エンジン150を回転数 $N_e$ 、トルク $T_e$ の運転ポイントP1で運転し、このエンジン150から出力されるエネルギー $P_e$ と同一のエネルギーであるが異なる回

転数 $N_r$ 、トルク $T_r$ の運転ポイントP2でリングギヤ軸126を運転する場合、すなわち、エンジン150から出力される動力をトルク変換してリングギヤ軸126に作用させる場合について考える。この時のエンジン150とリングギヤ軸126の回転数およびトルクの関係を図4に示す。

【0034】プラネタリギヤ120の3軸（サンギヤ軸125、リングギヤ軸126およびプラネタリキャリア124（クランクシャフト156））における回転数やトルクの関係は、機構学の教えるところによれば、図5および図6に例示する共線図と呼ばれる図として表わすことができ、幾何学的に解くことができる。なお、プラネタリギヤ120における3軸の回転数やトルクの関係は、上述の共線図を用いなくても各軸のエネルギーを計算することなどにより数式的に解析することもできる。本実施例では説明の容易のため共線図を用いて説明する。

【0035】図5における縦軸は3軸の回転数軸であり、横軸は3軸の座標軸の位置の比を表わす。すなわち、サンギヤ軸125とリングギヤ軸126の座標軸S、Rを両端にとったとき、プラネタリキャリア124の座標軸Cは、軸Sと軸Rを1： $\rho$ に内分する軸として定められる。ここで、 $\rho$ は、リングギヤ122の歯数に対するサンギヤ121の歯数の比であり、次式(1)で表わされる。

【0036】

【数1】

$$\rho = \frac{\text{サンギヤの歯数}}{\text{リングギヤの歯数}} \quad \cdots \cdots (1)$$

【0037】いま、エンジン150が回転数 $N_e$ で運転されており、リングギヤ軸126が回転数 $N_r$ で運転されている場合を考えているから、エンジン150のクランクシャフト156が結合されているプラネタリキャリア124の座標軸Cにエンジン150の回転数 $N_e$ を、リングギヤ軸126の座標軸Rに回転数 $N_r$ をプロットすることができる。この両点を通る直線を描けば、この直線と座標軸Sとの交点で表わされる回転数としてサンギヤ軸125の回転数 $N_s$ を求めることができる。以下、この直線を動作共線と呼ぶ。なお、回転数 $N_s$ は、回転数 $N_e$ と回転数 $N_r$ とを用いて比例計算式（次式(2)）により求めることができる。このようにプラネタリギヤ120では、サンギヤ121、リングギヤ122およびプラネタリキャリア124のうちいずれか2つの回転を決定すると、残余の1つの回転は、決定した2つの回転に基づいて決定される。

【0038】

【数2】

$$N_s = N_r - (N_r - N_e) \frac{1 + \rho}{\rho} \quad \cdots \cdots (2)$$

【0039】次に、描かれた動作共線に、エンジン150のトルク $T_e$ をプラネタリキャリア124の座標軸C

を作用線として図中下から上に作用させる。このとき動作共線は、トルクに対してはベクトルとしての力を作用させたときの剛体として取り扱うことができるから、座標軸C上に作用させたトルク $T_e$ は、平行な2つの異なる作用線への力の分離の手法により、座標軸S上のトルク $T_{es}$ と座標軸R上のトルク $T_{er}$ とに分離することができる。このときトルク $T_{es}$ および $T_{er}$ の大きさは、次式(3)および式(4)によって表わされる。

【0040】

【数3】

$$T_{es} = T_e \times \frac{\rho}{1+\rho} \quad \cdots\cdots(3)$$

$$T_{er} = T_e \times \frac{1}{1+\rho} \quad \cdots\cdots(4)$$

【0041】動作共線がこの状態で安定であるためには、動作共線の力の釣り合いをとればよい。すなわち、座標軸S上には、トルク $T_{es}$ と大きさが同じで向きが反対のトルク $T_{m1}$ を作用させ、座標軸R上には、リングギヤ軸126に出力するトルク $T_r$ と同じ大きさと向きが反対のトルクとトルク $T_{er}$ との合力に対し大きさが同じで向きが反対のトルク $T_{m2}$ を作用させるのである。このトルク $T_{m1}$ はモータMG1により、トルク $T_{m2}$ はモータMG2により作用させることができる。このとき、モータMG1では回転の方向と逆向きにトルクを作用させるから、モータMG1は発電機として動作することになり、トルク $T_{m1}$ と回転数 $N_s$ との積で表わされる電気エネルギー $P_{m1}$ をサンギヤ軸125から回生する。モータMG2では、回転の方向とトルクの方向とが同じであるから、モータMG2は電動機として動作し、トルク $T_{m2}$ と回転数 $N_r$ との積で表わされる電気エネルギー $P_{m2}$ を動力としてリングギヤ軸126に出力する。

【0042】ここで、電気エネルギー $P_{m1}$ と電気エネルギー $P_{m2}$ とを等しくすれば、モータMG2で消費する電力のすべてをモータMG1により回生して賄うことができる。このためには、入力されたエネルギーのすべてを出力するものとすればよいから、エンジン150から出力されるエネルギー $P_e$ とリングギヤ軸126に出力されるエネルギー $P_r$ とを等しくすればよい。すなわち、トルク $T_e$ と回転数 $N_e$ との積で表わされるエネルギー $P_e$ と、トルク $T_r$ と回転数 $N_r$ との積で表わされるエネルギー $P_r$ とを等しくするのである。図4に照らせば、運転ポイントP1で運転されているエンジン150から出力されるトルク $T_e$ と回転数 $N_e$ とで表わされる動力を、トルク変換して、同一のエネルギーでトルク $T_r$ と回転数 $N_r$ とで表わされる動力としてリングギヤ軸126に出力するのである。前述したように、リングギヤ軸126に出力された動力は、動力取出ギヤ128および動力伝達ギヤ111により駆動軸112に伝達され、ディファレンシャルギヤ114を介して駆動輪116、118に伝達

される。したがって、リングギヤ軸126に出力される動力と駆動輪116、118に伝達される動力とはリニアな関係が成立するから、駆動輪116、118に伝達される動力は、リングギヤ軸126に出力される動力を制御することにより制御することができる。

【0043】図5に示す共線図ではサンギヤ軸125の回転数 $N_s$ は正であったが、エンジン150の回転数 $N_e$ とリングギヤ軸126の回転数 $N_r$ とによつては、図6に示す共線図のように負となる場合もある。このときには、モータMG1では、回転の方向とトルクの作用する方向とが同じになるから、モータMG1は電動機として動作し、トルク $T_{m1}$ と回転数 $N_s$ との積で表わされる電気エネルギー $P_{m1}$ を消費する。一方、モータMG2では、回転の方向とトルクの作用する方向とが逆になるから、モータMG2は発電機として動作し、トルク $T_{m2}$ と回転数 $N_r$ との積で表わされる電気エネルギー $P_{m2}$ をリングギヤ軸126から回生することになる。この場合、モータMG1で消費する電気エネルギー $P_{m1}$ とモータMG2で回生する電気エネルギー $P_{m2}$ とを等しくすれば、モータMG1で消費する電気エネルギー $P_{m1}$ をモータMG2で丁度賄うことができる。

【0044】以上、実施例の動力出力装置110における基本的なトルク変換について説明したが、実施例の動力出力装置110は、こうしたエンジン150から出力される動力のすべてをトルク変換してリングギヤ軸126に出力する動作の他に、エンジン150から出力される動力(トルク $T_e$ と回転数 $N_e$ との積)と、モータMG1により回生または消費される電気エネルギー $P_{m1}$ と、モータMG2により消費または回生される電気エネルギー $P_{m2}$ とを調節することにより、余剰の電気エネルギーを見出してバッテリー194を放電する動作としたり、不足する電気エネルギーをバッテリー194に蓄えられた電力により補う動作とすることもできる。また、モータMG1のトルク $T_{m1}$ を値0とすると共にエンジン150の運転を停止した状態でバッテリー194から放電される電力を用いてモータMG2から出力されるトルク $T_{m2}$ だけで駆動する動作とすることもできる。

【0045】なお、以上の動作原理では、プラネタリギヤ120やモータMG1、モータMG2、トランジスタTr1ないしTr16などによる動力の変換効率を値1(100%)として説明した。実際には、値1未満であるから、エンジン150から出力されるエネルギー $P_e$ をリングギヤ軸126に出力するエネルギー $P_r$ より若干大きな値とするか、逆にリングギヤ軸126に出力するエネルギー $P_r$ をエンジン150から出力されるエネルギー $P_e$ より若干小さな値とする必要がある。例えば、エンジン150から出力されるエネルギー $P_e$ を、リングギヤ軸126に出力されるエネルギー $P_r$ に変換効率の逆数を乗じて算出される値とすればよい。また、モータMG2のトルク $T_{m2}$ を、図5の共線図の状態ではモータMG1

により回生される電力に両モータの効率を乗じたものから算出される値とし、図6の共線図の状態ではモータMG1により消費される電力を両モータの効率で割ったものから算出すればよい。なお、プラネタリギヤ120では機械摩擦などにより熱としてエネルギーを損失するが、その損失量は全体量からみれば極めて少なく、モータMG1、MG2に用いた同期電動機の効率は値1に極めて近い。また、トランジスタTr1ないしTr16のオン抵抗もGTOなど極めて小さいものが知られている。したがって、以下の説明でも、説明の容易のため、明示しない限り理想状態として効率を値1(100%)として取り扱う。

【0046】次に、動力出力装置110がバッテリー194から放電される電力を用いてモータMG2から出力されるトルクTm2だけで駆動する動作状態にあるときに、エンジン150を始動すると共に、始動したエンジン150から出力されるエネルギーPeとバッテリー194から出力される放電エネルギーPboとをエネルギー変換して駆動する動作に移行する際の制御について図7に例示する出力エネルギー演算ルーチンおよび図8、図9に例示するエンジン始動制御ルーチンに基づき説明する。なお、出力エネルギー演算ルーチンは、こうした移行時の制御としてだけ行なわれるものではなく、動力出力装置110が上述の基本的なトルク変換の動作状態にあるときやバッテリー194の充放電を伴う動作状態にあるとき、あるいは、モータMG2から出力されるトルクTm2だけで駆動する動作状態にあるときなど、種々の動作状態にあるときも、所定時間毎(例えば、8msec毎)に繰り返し実行されるものである。

【0047】図7に例示する出力エネルギー演算ルーチンが実行されると、制御装置180の制御CPU190は、まず、リングギヤ軸126の回転数Nrを読み込む処理を実行する(ステップS100)。ここで、リングギヤ軸126の回転数Nrは、レゾルバ149により検出される回転角度θrから求めることができる。続いて、アクセルペダルポジションセンサ164aによって検出されるアクセルペダルポジションAPを入力する処理を行なう(ステップS102)。アクセルペダル164は運転者が出力トルクが足りないと感じたときに踏み込まれるものであるから、アクセルペダルポジションAPは運転者の欲している出力トルク(すなわち、駆動輪116、118に出力すべきトルク)に対応するものとなる。アクセルペダルポジションAPを読み込むと、読み込んだアクセルペダルポジションAPとリングギヤ軸126の回転数Nrとに基づいてリングギヤ軸126に出力すべきトルクの目標値であるトルク指令値Tr\*を導出する処理を行なう(ステップS104)。ここで、駆動輪116、118に出力すべきトルクを導出せず、に、リングギヤ軸126に出力すべきトルクを導出するのは、リングギヤ軸126は動力取出ギヤ128、動力

伝達ギヤ111およびディファレンシャルギヤ114を介して駆動輪116、118に機械的に結合されているから、リングギヤ軸126に出力すべきトルクを導出すれば、駆動輪116、118に出力すべきトルクを導出する結果となるからである。なお、実施例では、リングギヤ軸126の回転数NrとアクセルペダルポジションAPとトルク指令値Tr\*との関係を示すマップを予めROM190bに記憶しておき、アクセルペダルポジションAPが読み込まれると、読み込まれたアクセルペダルポジションAPとリングギヤ軸126の回転数NrとROM190bに記憶したマップとに基づいてトルク指令値Tr\*の値を導出するものとした。次に、導出したトルク指令値Tr\*とリングギヤ軸126の回転数Nrとから、リングギヤ軸126に出力すべきエネルギーPrを計算( $Pr = Nr \times Tr^*$ )により求めて(ステップS106)、本ルーチンを終了する。

【0048】こうしてリングギヤ軸126に出力すべきトルクの指令値Tr\*やエネルギーPrが求められると、この値を用いてエンジン150の運転やバッテリー194からの充放電エネルギー、モータMG1のトルク指令値Tm1\*およびモータMG2のトルク指令値Tm2\*が設定され、エンジン150、モータMG1およびモータMG2の制御が行なわれる。いま、動力出力装置110の動作状態として、モータMG2から出力されるトルクTm2だけで駆動する動作状態を考えているから、エンジン150の運転は停止され、モータMG1のトルク指令値Tm1\*には値0、モータMG2のトルク指令値Tm2\*にはトルク指令値Tr\*が設定されてその運転が制御されている。こうした動力出力装置110がモータMG2から出力されるトルクTm2だけで駆動する動作状態にあるときの共線図を図10に例示する。モータMG1のトルクTm1を値0とすると共にエンジン150の運転を停止すると、動作共線は、座標軸R上ではリングギヤ軸126の回転数Nrとなるが、座標軸C、S上では、エンジン150を空回りさせるのに必要なエネルギーとモータMG1を空回りさせるのに必要なエネルギーの和の最も小さい状態に落ち着く。実施例の動力出力装置110ではエンジン150として4サイクルのガソリンエンジンを用いているから、エンジン150を空回りさせるのに必要なエネルギー、すなわち、エンジン150のピストンの摩擦や圧縮等に要するエネルギーは、モータMG1のロータ132を空回りさせるのに必要なエネルギーよりも大きくなる。したがって、動作共線は、図10に示すように、エンジン150が停止し、モータMG1が空回りする状態となる。

【0049】こうした状態のときにエンジン150を始動する信号が出力されると、図8および図9に例示するエンジン始動制御ルーチンが実行される。本ルーチンが実行されると、制御装置180の制御CPU190は、まず、残容量検出器199により検出されるバッテリー1

94の残容量BRMを読み込む処理を実行する(ステップS110)。そして、図7の出力エネルギーPrとバッテリー194の残容量BRMとに基づいてエンジン150から出力すべきエネルギーPeを設定する(ステップS112)。実施例では、エネルギーPrとバッテリー194の残容量BRMとがそれぞれ所定の範囲内にあるときには、リングギヤ軸126に出力すべきエネルギーPrのすべてをエンジン150から出力されるエネルギーPeで賄うものとし、エネルギーPrかバッテリー194の残容量BRMのいずれかが所定の範囲を上回るときには、エネルギーPrの一部をエンジン150から出力されるエネルギーPeで賄うと共に残余をバッテリー194から放電される電気エネルギーにより賄い、逆にエネルギーPrかバッテリー194の残容量BRMのいずれかが所定の範囲を下回るときには、エンジン150から出力されるエネルギーPeの一部をリングギヤ軸126に出力すべきエネルギーPrとして出力すると共に残余のエネルギーによりバッテリー194を充電するものとし、これらの所定の範囲およびこの範囲に基づいて定められるエンジン150から出力すべきエネルギーPeは、ROM190bに予め記憶された図示しないマップにより設定されるものとした。なお、エネルギーPeの設定の手法は、その他様々な手法があるが、本発明ではこれ以上の説明は不要であるからその説明は省略する。もとより、他の手法によりエネルギーPeを設定するものとしてもよい。

【0050】こうしてエネルギーPeを設定すると、設定したエネルギーPeに基づいてエンジン150の目標回転数Ne\*と目標トルクTe\*とを設定する処理を行なう(ステップS114)。ここで、エンジン150から出力するエネルギーPeはその回転数NeとトルクTeとの積に等しいから、エネルギーPeとエンジン150の目標回転数Ne\*および目標トルクTe\*との関係は $Pe = Ne* \times Te*$ となる。この関係を満足するエンジン150の目標回転数Ne\*と目標トルクTe\*との組み合わせは無数に存在する。そこで、実施例では、実験などにより各エネルギーPeに対してエンジン150ができる限り効率の高い状態で運転され、かつエネルギーPeの変化に対してエンジン150の運転状態が滑らかに変化する運転ポイントを目標回転数Ne\*と目標トルクTe\*との組み合わせとして求め、これを予めROM190bにマップとして記憶しておき、エネルギーPeに対応する目標回転数Ne\*と目標トルクTe\*との組み合わせをこのマップから導出するものとした。

【0051】次に、制御CPU190は、上述した式(2)にエンジン150の回転数Neに代えてエンジン150の目標回転数Ne\*を代入することにより、サンギヤ軸125の目標回転数Ns\*を計算し(ステップS116)、エンジン150の目標回転数Ne\*に基づいてスロットルバルブ166の初期開度SVP1を設定す

ると共に目標回転数Ne\*と目標トルクTe\*とに基づいてスロットルバルブ166の目標開度SVP\*を設定する処理を実行する(ステップS118)。ここで、目標開度SVP\*は、エンジン150を目標回転数Ne\*および目標トルクTe\*の運転ポイントで運転するときのスロットルバルブ166の開度として設定されるものであり、初期開度SVP1は、エンジン150をトルクの出力なしに目標回転数Ne\*で運転するときのスロットルバルブ166の開度として設定されるものである。実施例では、エンジン150の各運転ポイントとスロットルバルブ166の開度SVPとを実験などにより求めて予めROM190bにマップとして記憶しておき、目標回転数Ne\*と目標トルクTe\*とが与えられると、その運転ポイントに対応する目標開度SVP\*と初期開度SVP1とを導出するものとした。

【0052】目標開度SVP\*と初期開度SVP1とを導出すると、導出した初期開度SVP1をスロットルバルブ166の開度SVPに設定すると共に(ステップS120)、点火プラグ162の点火時期としての点火進角FTを可燃範囲の最遅角FT1に(ステップS122)、吸気弁152の開閉タイミングVTをエンジン150の運転可能範囲内の最遅角VT1に(ステップS124)、エンジン150の目標空燃比をリーン側に設定する(ステップS126)。このように設定するのは、エンジン150のクランクシャフト156を目標回転数Ne\*でモータリングするのに必要なトルクをより小さくしたり、始動直後のエンジン150から出力されるトルクTeをできる限り小さくするためである。以下に各設定について簡単に説明する。

【0053】エンジン150が定速回転しているときのスロットルバルブ166の開度SVPとエンジン150から出力されるトルクTeは、図11に例示するグラフのような関係を示す。したがって、スロットルバルブ166の開度SVPに初期開度SVP1を設定することにより始動直後のエンジン150をトルクの出力なしに目標回転数Ne\*で運転することができる。また、点火進角FTとエンジン150から出力されるトルクTeは、図12に例示するグラフのような関係を示す。このため、点火進角FTを可燃範囲の最遅角FT1に設定することにより、エンジン150から出力されるトルクTeをより小さくすることができる。なお、図12のグラフ中FT\*は、最も大きな値のトルクTeとなる最適進角である。

【0054】吸気弁152の開閉タイミングVTを遅角側(破線)に移行させると、図13の開閉タイミングVTとバルブリフトとの関係を例示するチャートに示すように、エンジンサイクルの圧縮行程に入っても吸気弁152はまだ開いているため、燃焼室154に吸入された空気あるいはガソリンとの混合気の一部は吸気マニホールド側に戻され、エンジン150における圧縮仕事の小

さくなる。したがって、吸気弁152の開閉タイミングVTを最遅角VT1に設定することにより、エンジン150をモータリングするのに必要なトルクをより小さくすることができる。なお、吸気弁152の開閉タイミングVTと燃焼室154への吸入空気量との関係の一例を図14に示す。図14中のVT\*は、吸入空気量が最大となる最適開閉タイミングである。また、目標空燃比をリーン側に設定すると、エンジン150から出力されるトルクTeが小さくなるから、このように設定することにより始動直後のエンジン150から出力されるトルクTeを小さくすることができる。

【0055】次に、エンジン150の目標回転数Ne\*に基づいて求められる値をモータMG1のトルク指令値Tm1\*に設定すると共に(ステップS128)、次式(5)によりモータMG2のトルク指令値Tm2\*を設定する(ステップS130)。ここで、エンジン150の目標回転数Ne\*に基づいて求められる値とは、ステップS120ないしS126のように運転条件が設定されたエンジン150を目標回転数Ne\*で回転させるのに必要なトルクの値であり、実施例では、各回転数Neに対応するトルクの値を実験により求めてマップとしてROM190bに予め記憶しておき、目標回転数Ne\*が与えられるとこのマップを用いて対応するトルクの値を導出するものとした。こうして導出されるトルクは、座標軸S上で下から上向きに作用するものであるから、図5の共線図の向きを正とすれば負の値となる。また、式(5)の右辺第2項は、モータMG1からトルク指令値Tm1\*に相当するトルクを出力することによりプラネタリギヤ120を介してリングギヤ軸126に作用するトルクである。なお、モータMG1とモータMG2は、トルク指令値Tm1\*、Tm2\*が設定されると、それぞれ所定時間毎(例えば4msec毎)に割込処理として繰り返し実行される図15に例示するモータMG1の制御ルーチンと図16に例示するモータMG2の制御ルーチンとによって駆動制御される。エンジン始動制御ルーチンの説明の途中であるが、動力出力装置110全体の動作の説明の必要上、以下にモータMG1の制御とモータMG2の制御について上述の制御ルーチンに基づき簡単に説明する。

【0056】

【数4】

$$Tm2* \leftarrow Tr* - \frac{1}{\rho} Tm1* \quad \dots\dots(5)$$

\*

$$\Delta Id1 = Id1* - Id1$$

$$\Delta Iq1 = Iq1* - Iq1$$

$$Vd1 = Kp1 \cdot \Delta Id1 + \sum Ki1 \cdot \Delta Iq1$$

$$Vq1 = Kp2 \cdot \Delta Iq1 + \sum Ki2 \cdot \Delta Id1 \quad \dots\dots(8)$$

\*【0057】図15のモータMG1の制御ルーチンが実行されると、制御装置180の制御CPU190は、まず、サンギヤ軸125の回転角度θsをレゾルバ139から入力する処理を行ない(ステップS160)、入力したサンギヤ軸125の回転角度θsからモータMG1の電気角θ1を算出する(ステップS161)。実施例の動力出力装置110で用いたモータMG1は、4極対(N極が4個でS極が4個)の同期電動機であるから、θ1 = 4θsを計算することになる。続いて、電流検出器195、196により、モータMG1の三相コイル134のU相とV相に流れている電流Iu1、Iv1を検出する処理を行なう(ステップS162)。電流はU、V、Wの三相に流れているが、その総和はゼロなので、二つの相に流れる電流を測定すれば足りる。こうして得られた三相の電流を用いて座標変換(三相-二相変換)を行なう(ステップS164)。座標変換は、永久磁石型の同期電動機のd軸、q軸の電流値に変換することであり、次式(6)を演算することにより行なわれる。ここで座標変換を行なうのは、永久磁石型の同期電動機においては、d軸およびq軸の電流が、トルクを制御する上で本質的な量だからである。もとより、三相のまま制御することも可能である。

【0058】

【数5】

$$\begin{bmatrix} Id1 \\ Iq1 \end{bmatrix} = \sqrt{2} \begin{bmatrix} -\sin(\theta1-120) & \sin \theta1 \\ -\cos(\theta1-120) & \cos \theta1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Iu1 \\ Iv1 \end{bmatrix} \quad \dots\dots(6)$$

【0059】次に、2軸の電流値に変換した後、モータMG1におけるトルク指令値Tm1\*から求められる各軸の電流指令値Id1\*、Iq1\*と実際各軸に流れた電流Id1、Iq1と偏差を求め、各軸の電圧指令値Vd1、Vq1を求める処理を行なう(ステップS166)。すなわち、まず以下の式(7)の演算を行ない、次に次式(8)の演算を行なうのである。ここで、Kp1、Kp2、Ki1、Ki2は、各々係数である。これらの係数は、適用するモータの特性に適合するように調整される。なお、電圧指令値Vd1、Vq1は、電流指令値I\*との偏差ΔIに比例する部分(式(8)右辺第1項)と偏差ΔIのi回分の過去の累積分(右辺第2項)とから求められる。

【0060】

【数6】



【0061】その後、こうして求めた電圧指令値をステップS164で行なった変換の逆変換に相当する座標変換（二相-三相変換）を行ない（ステップS168）、実際に三相コイル134に印加する電圧 $V_{u1}$ 、 $V_{v1}$ 、 $V_{w1}$ を求める処理を行なう。各電圧は、次式（9）により求める。

【0062】

【数7】

$$\begin{bmatrix} V_{u1} \\ V_{v1} \\ V_{w1} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 \\ \cos(\theta_1 - 120^\circ) & -\sin(\theta_1 - 120^\circ) \\ \cos(\theta_1 + 120^\circ) & -\sin(\theta_1 + 120^\circ) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{d1} \\ V_{q1} \end{bmatrix} \quad \cdots(9)$$

【0063】実際の電圧制御は、第1の駆動回路191のトランジスタ $T_{r1}$ ないし $T_{r6}$ のオンオフ時間によりなされるから、式（9）によって求めた各電圧指令値となるよう各トランジスタ $T_{r1}$ ないし $T_{r6}$ のオン時間をPWM制御する（ステップS169）。

【0064】ここで、モータMG1のトルク指令値 $T_{m1*}$ は、同じ正の値のトルク指令値 $T_{m1*}$ が設定されても、図5の共線図の状態のようにトルク指令値 $T_{m1*}$ の作用する向きとサンギヤ軸125の回転の向きとが異なるときには回生制御がなされ、図6の共線図の状態のように同じ向きのときには力行制御がなされる。しかし、モータMG1の力行制御と回生制御は、トルク指令値 $T_{m1*}$ が正であれば、ロータ132の外周面に取り付けられた永久磁石135と三相コイル134に流れる電流により生じる回転磁界とにより正のトルクがサンギヤ軸125に作用するよう第1の駆動回路191のトランジスタ $T_{r1}$ ないし $T_{r6}$ を制御するものであるから、同一のスイッチング制御となる。すなわち、トルク指令値 $T_{m1*}$ の符号が同じであれば、モータMG1の制御が回生制御であっても力行制御であっても同じスイッチング制御となる。したがって、図15のモータMG1の制御ルーチンで回生制御と力行制御のいずれも行なうことができる。また、トルク指令値 $T_{m1*}$ が負のときには、ステップS160で読み込むサンギヤ軸125の回転角度 $\theta_s$ の変化の方向が逆になるだけであるから、このときの制御も図15のモータMG1の制御ルーチンにより行なうことができる。いま、動力出力装置110の動作状態は図10の共線図の状態であり、エンジン150をモータリングするトルクがトルク指令値 $T_{m1*}$ に設定されるから、サンギヤ軸125の回転の向きとトルクの向きとが逆向きになるから、モータMG1は発電機として動作することになる。

【0065】図16のモータMG2の制御ルーチンは、トルク指令値 $T_{m1*}$ 、サンギヤ軸125の回転角度 $\theta_s$ および電気角 $\theta_1$ に代えてトルク指令値 $T_{m2*}$ 、リングギヤ軸126の回転角度 $\theta_r$ および電気角 $\theta_2$ を用いる点を除き、図15のモータMG1の制御ルーチンと全く同一である。すなわち、リングギヤ軸126の回転

角度 $\theta_r$ をレゾルバ149を用いて検出し（ステップS170）、これを用いてモータMG2の電気角 $\theta_2$ を計算し（ステップS171）、続いてモータMG2の各相電流を電流検出器197、198を用いて検出し（ステップS172）、その後、座標変換（ステップS174）および電圧指令値 $V_{d2}$ 、 $V_{q2}$ の演算を行ない（ステップS176）、更に電圧指令値の逆座標変換（ステップS178）を行なって、モータMG2の第2の駆動回路192のトランジスタ $T_{r11}$ ないし $T_{r16}$ のオンオフ制御時間を求め、PWM制御を行なうのである（ステップS179）。

【0066】ここで、モータMG2もトルク指令値 $T_{m2*}$ の向きとリングギヤ軸126の回転の向きとにより力行制御されたり回生制御されたりするが、モータMG1と同様に、力行制御も回生制御も共に図16のモータMG2の制御ルーチンで行なうことができる。なお、実施例では、モータMG2のトルク指令値 $T_{m2*}$ の符号は、図5の共線図の状態のときのトルク $T_{m2}$ の向きを正とした。

【0067】このようにモータMG1のトルク指令値 $T_{m1*}$ とモータMG2のトルク指令値 $T_{m2*}$ とを設定し、モータMG1とモータMG2とをそれぞれ駆動制御することにより、エンジン150を目標回転数 $N_{e*}$ までモータリングすると共に、エンジン150のモータリングに拘わらずリングギヤ軸126にトルク指令値 $T_{r*}$ に相当するトルクを安定して出力することができる。

【0068】図8のエンジン始動制御ルーチンの説明に戻る。両モータMG1、MG2のトルク指令値 $T_{m1*}$ 、 $T_{m2*}$ を設定すると、次に、サンギヤ軸125の回転数 $N_s$ を読み込む（ステップS132）。そして、読み込んだ回転数 $N_s$ をサンギヤ軸125の目標回転数 $N_{s*}$ と比較し（ステップS134）、回転数 $N_s$ と目標回転数 $N_{s*}$ との偏差が偏差 $\Delta N_s$ 以上のときには、ステップS130のモータMG2のトルク指令値 $T_{m2*}$ の設定処理に戻ってステップS130ないしS134の処理を繰り返す。ここで、偏差 $\Delta N_s$ は、エンジン始動制御ルーチンの処理を迅速に進めるために用いられるものであり、例えば目標回転数 $N_{s*}$ の5%に相当する値あるいはそれ以下の小さな値など自由に設定し得るものである。このように、サンギヤ軸125の回転数 $N_s$ が目標回転数 $N_{s*}$ に近づくまでモータMG2のトルク指令値 $T_{m2*}$ を設定し直すから、その途中でアクセルペダル164の踏込量に変化が生じ、リングギヤ軸126へ出力すべきトルクの要求値であるトルク指令値 $T_{r*}$ が変更されても、リングギヤ軸126には変更されたトルク指令値 $T_{r*}$ が出力されることになる。

【0069】サンギヤ軸125の回転数 $N_s$ が目標回転数 $N_{s*}$ に近づきその偏差が偏差 $\Delta N_s$ 未満になると、燃料噴射弁151から噴射する燃料噴射量の制御や点火プラグ162から火花点火する点火制御などを開始する



(ステップ S 136)。ここでの燃料噴射制御や点火制御などのエンジン 150 の運転制御は、ステップ S 120 ないし S 126 によって設定されたスロットルバルブ 166 の開度 SVP、点火進角 FT、吸気弁 152 の開閉タイミング VT および目標空燃比に基づいて行なわれるから、エンジン 150 は、トルクの出力なしに目標回転数 Ne\* で回転するよう制御されることになる。

【0070】燃料噴射制御や点火制御などを開始すると、エンジン 150 が始動するのを待って (ステップ S 138)、目標空燃比をストイキな理論空燃比に設定する (ステップ S 140)。そして、スロットルバルブ 166 の開度 SVP を次式 (10) により設定すると共に (ステップ S 142)、点火進角 FT と吸気弁 152 の開閉タイミング VT をそれぞれ所定量 ΔFT および ΔVT だけ進角する (ステップ S 144、S 146)。ここで、式 (10) 中の Cset は、ステップ S 142 ないし S 156 の処理を繰り返す回数として設定されるものであり、この繰り返しの一巡に要する時間やエンジン 150 の特性などによって定められる。したがって、スロットルバルブ 166 の開度 SVP は、ステップ S 142 ないし S 156 を繰り返す毎に目標開度 SVP\* と初期開度 SVP1 との偏差を繰り返し回数 Cset で割った値だけ増加され、この繰り返し処理が終了するときには、目標開度 SVP\* に設定される。また、所定量 ΔFT は最適進角 FT\* と最遅角 FT1 との偏差を繰り返し回数 Cset で割って得られる値であり、所定量 ΔVT は最適開閉タイミング VT\* と最遅角 VT1 との偏差を繰り返し回数 Cset で割って得られる値である。したがって、点火進角 FT も吸気弁 152 の開閉タイミング VT も、ステップ S 142 ないし S 156 の処理を繰り返す毎に所定量 ΔFT、ΔVT だけ増加され、この繰り返し処理が終了するときには、最適進角 FT\* および最適開閉タイミング VT\* に設定される。このように、スロットルバルブ 166 の開度 SVP や点火進角 FT、吸気弁 152 の開閉タイミング VT を徐々に最適値にすることによって、エンジン 150 から出力されるトルク T

$$Tm1 \leftarrow K1(Ns^* - Ns) + K2 \int (Ns^* - Ns) dt \quad \dots\dots(11)$$

【0074】次に、カウンタ C をインクリメントし (ステップ S 154)、カウンタ C を繰り返し回数 Cset と比較して (ステップ S 156)、カウンタ C が繰り返し回数 Cset 以上となるまでステップ S 142 ないし S 156 の処理を繰り返して本ルーチンを終了する。ここで、カウンタ C は、本ルーチンが実行される直前に、図示しない初期化ルーチンが実行されて値 0 に設定される。

【0075】こうしたエンジン始動制御ルーチンを実行したときの空燃比やスロットルバルブ 166 の開度 SVP、点火進角 FT、吸気弁 152 の開閉タイミング VT、エンジン 150 の運転状態、モータ MG 1 およびモ

\* e を徐々に増加することができる。

【0071】

【数 8】

$$SVP \leftarrow SVP + \frac{SVP^* - SVP1}{Cset} \quad \dots\dots(10)$$

【0072】スロットルバルブ 166 の開度 SVP や点火進角 FT、吸気弁 152 の開閉タイミング VT を設定すると、サンギヤ軸 125 の回転数 Ns を読み込み (ステップ S 148)、読み込んだ回転数 Ns と目標回転数 Ns\* とに基づいて次式 (11) によりモータ MG 1 のトルク指令値 Tm1\* を設定すると共に (ステップ S 150)、上述した式 (5) によりモータ MG 2 のトルク指令値 Tm2\* を設定する (ステップ S 152)。ここで、式 (11) 中の右辺第 1 項はサンギヤ軸 125 の回転数 Ns と目標回転数 Ns\* との偏差に基づく補正項、右辺第 2 項はサンギヤ軸 125 の回転数 Ns の目標回転数 Ns\* に対する定常偏差を解消するための積分項であり、K1 と K2 は定数である。このようにモータ MG 1 のトルク指令値 Tm1\* を設定することにより、サンギヤ軸 125 を目標回転数 Ns\* で回転させることができる。また、式 (5) の右辺第 2 項は、エンジン 150 からプラネタリギヤ 120 を介してリングギヤ軸 126 に出力されるトルクであるから、モータ MG 2 のトルク指令値 Tm2\* を式 (5) により設定することにより、リングギヤ軸 126 にトルク指令値 Tr\* に相当するトルクを出力することができる。なお、モータ MG 1 のトルク指令値 Tm1\* やモータ MG 2 のトルク指令値 Tm2\* が設定されると、設定された値に基づいて所定時間毎に繰り返し実行される図 15 のモータ MG 1 の制御ルーチンや図 16 のモータ MG 2 の制御ルーチンによりモータ MG 1 やモータ MG 2 が制御されることは前述した。

【0073】

【数 9】

モータ MG 2 の駆動状態、リングギヤ軸 126 に出力されるトルクの状態を例示するタイミングチャートを図 17 に例示する。図示するように、時間 t1 にエンジン始動制御ルーチンの実行が開始されると、目標空燃比をリーン側に、スロットルバルブ 166 の開度 SVP に初期開度 SVP1 を、点火進角 FT に最遅角 FT1 を、吸気弁 152 の開閉タイミング VT に最遅角 VT1 をそれぞれ設定し、モータ MG 1 のトルク指令値 Tm1\* にエンジン 150 をモータリングするためのトルクを設定すると共にモータ MG 2 のトルク指令値 Tm2\* にこのモータリングに伴ってプラネタリギヤ 120 を介してリングギヤ軸 126 に出力されるトルクを打ち消すトルクをトル

ク指令値 $T_r^*$ に加えて設定する。この結果、エンジン150はモータリングされてその回転数が目標回転数 $N_e^*$ に近づくが、こうしたモータリングによってもリングギヤ軸126には安定してトルク指令値 $T_r^*$ に相当するトルクが出力され、トルクショックは生じない。

【0076】サンギヤ軸125の回転数 $N_s$ と目標回転数 $N_s^*$ との偏差が偏差 $\Delta N_s$ 未満となると(時間 $t_2$ )、燃料噴射制御や点火制御などが開始され、エンジン150の運転が開始される。このとき、エンジン150は、目標空燃比がリーン側に、スロットルバルブ166の開度 $SVP$ が初期開度 $SVP_1$ に、点火進角 $FT$ が最遅角 $FT_1$ に、吸気弁152の開閉タイミング $VT$ が最遅角 $VT_1$ にそれぞれ設定されているから、トルクの出力なしに目標回転数 $N_e^*$ で回転するよう運転されることになる。なお、エンジン150から出力されるトルクはエンジン150の温度や燃料の性状、吸気系のデポジットなどによって変化するから、上述のように制御されても若干の正のトルクあるいは負のトルクが出力されることになるが、その値は小さいからリングギヤ軸126へのトルクショックとしては小さなものとなる。

【0077】エンジン150が始動すると、目標空燃比にストイキな理論空燃比が設定され、スロットルバルブ166の開度 $SVP$ 、点火進角 $FT$ および吸気弁152の開閉タイミング $VT$ がそれぞれ目標開度 $SVP^*$ 、最適進角 $FT^*$ および最適開閉タイミング $VT^*$ に向けて徐々に増加される。こうした増加により、エンジン150から出力されるトルクは目標トルク $T_e^*$ に向けて徐々に増加する。このとき、モータMG1はサンギヤ軸125が目標回転数 $N_s^*$ で安定して回転するように制御され、モータMG2から出力されるトルクはエンジン150からプラネタリギヤ120を介して出力されるトルクとトルク指令値 $T_r^*$ との偏差となるよう制御されるから、リングギヤ軸126には安定してトルク指令値 $T_r^*$ に相当するトルクが出力される。

【0078】そして、スロットルバルブ166の開度 $SVP$ が目標開度 $SVP^*$ に、点火進角 $FT$ が最適進角 $FT^*$ に、吸気弁152の開閉タイミング $VT$ が最適開閉タイミング $VT^*$ になったときには(時間 $t_3$ )、エンジン150は、目標回転数 $N_e^*$ と目標トルク $T_e^*$ とで表わされる運転ポイントで運転され、エンジン150から出力されるエネルギー $P_e$ とバッテリー194から充放電される電気エネルギーとがエネルギー変換されて、リングギヤ軸126にトルク指令値 $T_r^*$ に相当するトルクが出力される。

【0079】以上説明した実施例の動力出力装置110におけるエンジン始動制御によれば、エンジン150をモータリングするときにスロットルバルブ166の開度 $SVP$ を目標とする回転数でトルクの出力なしにエンジン150を運転できる初期開度 $SVP_1$ とすると共に吸気弁152の開閉タイミング $VT$ を吸入空気量が少なく

なる最遅角 $VT_1$ とするから、モータリングに必要なトルクを小さくすることができる。この結果、エンジン150のモータリングの際にリングギヤ軸126に生じるトルクショックを小さくすることができる。実施例では、このモータリングに伴ってプラネタリギヤ120を介してリングギヤ軸126に出力されるトルクを打ち消すようモータMG2のトルクを制御するから、モータリングの際にリングギヤ軸126に生じるトルクショックを更に小さくすることができる。

10 【0080】また、スロットルバルブ166の開度 $SVP$ や吸気弁152の開閉タイミング $VT$ の設定に加えて目標空燃比がリーン側に設定されると共に点火進角 $FT$ も可燃範囲の最遅角 $FT_1$ に設定して、トルクの出力なしに目標回転数 $N_e^*$ で回転するようエンジン150を始動するから、始動直後のエンジン150から出力されるトルクは極めて小さな値となり、始動に伴ってリングギヤ軸126に生じるトルクショックを小さくすることができる。

20 【0081】更に、エンジン150が始動してから、目標空燃比をストイキな理論空燃比に設定すると共に、スロットルバルブ166の開度 $SVP$ 、点火進角 $FT$ および吸気弁152の開閉タイミング $VT$ をそれぞれ目標開度 $SVP^*$ 、最適進角 $FT^*$ および最適開閉タイミング $VT^*$ に向けて徐々に増加することにより、エンジン150から出力されるトルクを目標トルク $T_e^*$ に向けて徐々に増加することができる。しかも、この増加の最中にサンギヤ軸125が目標回転数 $N_s^*$ で安定して回転するようモータMG1を制御すると共に、エンジン150からプラネタリギヤ120を介して出力されるトルクとトルク指令値 $T_r^*$ との偏差のトルクがモータMG2から出力されるようモータMG2を制御するから、トルク指令値 $T_r^*$ に相当するトルクを安定してリングギヤ軸126に出力することができる。この結果、リングギヤ軸126延いては駆動軸112に生じるトルク変動をより小さくすることができる。

30 【0082】実施例のエンジン始動制御では、エンジン150を始動する際に目標空燃比をリーン側に設定すると共に、スロットルバルブ166の開度 $SVP$ に初期開度 $SVP_1$ を、点火進角 $FT$ に最遅角 $FT_1$ を、吸気弁152の開閉タイミング $VT$ に最遅角 $VT_1$ をそれぞれ設定したが、これらの各設定のすべてを行わず一つあるいは2以上の設定を行なってエンジン150を始動するものとしてもよい。

40 【0083】また、実施例のエンジン始動制御では、エンジン150が始動した後は、目標空燃比にストイキな理論空燃比を設定すると共に、スロットルバルブ166の開度 $SVP$ 、点火進角 $FT$ および吸気弁152の開閉タイミング $VT$ をそれぞれ目標開度 $SVP^*$ 、最適進角 $FT^*$ および最適開閉タイミング $VT^*$ に向けて比例的に徐々に増加させることにより、エンジン150から出

力されるトルクを目標トルク  $T_{e*}$  に向けて徐々に増加したが、比例的に増加させず2次あるいは3次関数的に増加させるものとしてもよい。また、エンジン150から出力されるトルクが比例的に増加するようスロットルバルブ166の開度  $SVP$ 、点火進角  $FT$  および吸気弁152の開閉タイミング  $VT$  を増加させるものとしてもよい。この場合、その増加量は実験などにより求めることができる。

【0084】実施例のエンジン始動制御では、エンジン150が始動した後は、目標空燃比にストイキな理論空燃比を設定すると共に、スロットルバルブ166の開度  $SVP$ 、点火進角  $FT$  および吸気弁152の開閉タイミング  $VT$  をそれぞれ目標開度  $SVP^*$ 、最適進角  $FT^*$  および最適開閉タイミング  $VT^*$  に向けて同じ割合で同時に目標値に到達するよう徐々に増加させたが、異なる割合で異なる時に目標値に到達するよう増加させるものとしてもよい。

【0085】実施例のエンジン始動制御では、エンジン150を始動し目標トルク  $T_{e*}$  のトルクを出力するまで設定されたエンジン150の目標とする運転ポイント（目標回転数  $N_{e*}$  と目標トルク  $T_{e*}$ ）には変更がないものとしたが、アクセルペダル164の踏み量の変更に応じてエンジン150の目標とする運転ポイントを変更するものとしてもよい。この場合、スロットルバルブ166の目標開度  $SVP^*$  を変更された目標回転数  $N_{e*}$  と目標トルク  $T_{e*}$  とにより再設定するものとし、サンギヤ軸125の目標回転数  $N_{s*}$  を変更された目標回転数  $N_{e*}$  により再設定すればよい。

【0086】実施例の動力出力装置110では、エンジン150を始動する信号が出力されたときに図8および図9のエンジン始動制御ルーチンを実行し、エンジン150の目標とする運転ポイントを設定した後にエンジン150を始動するものとしたが、エンジン150の目標とする運転ポイントが設定されたときに、エンジン150の運転停止状態を検出してエンジン150を始動するものとしてもよい。

【0087】次に、実施例の動力出力装置110がバッテリー194からの充放電を伴わずエンジン150から出力されるエネルギー  $P_e$  のすべてをエネルギー変換してリングギヤ軸126に出力している最中や、バッテリー194から充放電される電気エネルギーとエンジン150から出力されるエネルギー  $P_e$  とをエネルギー変換してリングギヤ軸126に出力している最中に、エンジン150の運転停止の信号が出力されたときのエンジン150の運転停止の制御について図18に例示するエンジン停止制御ルーチンに基づき説明する。なお、このエンジン停止制御ルーチンが行なわれている最中でも、前述の図7に例示した出力エネルギー演算ルーチンは所定時間毎に繰り返し実行されている。

【0088】エンジン停止制御ルーチンが実行される

と、制御装置180の制御CPU190は、まず、スロットルバルブポジションセンサ167により検出されるスロットルバルブ166の開度  $SVP$  を読み込み（ステップS180）、読み込んだスロットルバルブ166の開度  $SVP$  を停止開始開度  $SVP_S$  に設定する処理を行なう（ステップS182）。そして、目標回転数  $N_{e*}$  に基づいてエンジン150をトルクの出力なしに目標回転数  $N_{e*}$  で運転するときのスロットルバルブ166の開度を最終開度  $SVP_2$  として導出する（ステップS184）。なお、実施例では、最終開度  $SVP_2$  を、図8のエンジン始動制御ルーチンのステップS118における初期開度  $SVP_1$  を導出する際に用いたマップと同じマップを用いて導出した。

【0089】最終開度  $SVP_2$  を導出すると、目標空燃比をリーン側に設定すると共に（ステップS186）、スロットルバルブ166の開度  $SVP$  を次式（12）により設定すると共に（ステップS188）、点火進角  $FT$  と吸気弁152の開閉タイミング  $VT$  をそれぞれ所定量  $\Delta FT$  および  $\Delta VT$  だけ遅角する（ステップS190、S192）。ここで、式（12）中の  $C_{set}$  は、ステップS188ないしS202の処理を繰り返す回数として設定されるものであり、図8および図9のエンジン始動制御ルーチンで用いられた繰り返し回数  $C_{set}$  と同じものである。したがって、スロットルバルブ166の開度  $SVP$  は、ステップS188ないしS202の処理を繰り返す毎に停止開始開度  $SVP_S$  と最終開度  $SVP_2$  との偏差を繰り返す回数  $C_{set}$  で割った値だけ減少され、この繰り返し処理が終了するときには、最終開度  $SVP_2$  に設定される。また、所定量  $\Delta FT$  および所定量  $\Delta VT$  は、図8および図9のエンジン始動制御ルーチンにおける所定量  $\Delta FT$  および所定量  $\Delta VT$  と同じである。したがって、点火進角  $FT$  も吸気弁152の開閉タイミング  $VT$  も、ステップS188ないしS202の処理を繰り返す毎に所定量  $\Delta FT$ 、 $\Delta VT$  だけ減少され、この繰り返し処理が終了するときには、可燃範囲の最遅角  $FT_1$  および最遅角  $VT_1$  に設定される。このように、スロットルバルブ166の開度  $SVP$  や点火進角  $FT$ 、吸気弁152の開閉タイミング  $VT$  を徐々に減少させることによって、エンジン150から出力されるトルク  $T_e$  を徐々に減少させることができる。

【0090】

【数10】

$$SVP \leftarrow SVP - \frac{SVP_S - SVP_2}{C_{set}} \quad \dots\dots(12)$$

【0091】スロットルバルブ166の開度  $SVP$  や点火進角  $FT$ 、吸気弁152の開閉タイミング  $VT$  を設定すると、制御CPU190は、サンギヤ軸125の回転数  $N_s$  を読み込み（ステップS194）、読み込んだ回転数  $N_s$  と目標回転数  $N_{s*}$  とに基づいて上述の式（11）によりモータMG1のトルク指令値  $T_{m1*}$  を設定

すると共に（ステップS196）、上述した式（5）によりモータMG2のトルク指令値 $T_{m2}^*$ を設定する（ステップS198）。このエンジン停止制御ルーチンでも、モータMG1のトルク指令値 $T_{m1}^*$ やモータMG2のトルク指令値 $T_{m2}^*$ が設定されると、図8および図9のエンジン始動制御ルーチンと同様に、設定された値に基づいて所定時間毎に繰り返し実行される図15のモータMG1の制御ルーチンや図16のモータMG2の制御ルーチンによりモータMG1やモータMG2が制御される。

【0092】次に、カウンタCをインクリメントし（ステップS200）、カウンタCを繰り返し回数 $C_{set}$ と比較して（ステップS202）、カウンタCが繰り返し回数 $C_{set}$ 以上となるまでステップS188ないしS202の処理を繰り返す。なお、カウンタCは、本ルーチンが実行される直前に、図示しない初期化ルーチンが実行されて値0に設定される。カウンタCが繰り返し回数 $C_{set}$ 以上となると、モータMG1のトルク指令値 $T_{m1}^*$ に値0を設定すると共に（ステップS204）、モータMG2のトルク指令値 $T_{m2}^*$ にトルク指令値 $T_r^*$ を設定し（ステップS206）、燃料噴射弁151からの燃料噴射や点火プラグ162からの火花点火などを停止して（ステップS208）、本ルーチンを終了する。

【0093】こうしたエンジン停止制御ルーチンを実行したときの空燃比やスロットルバルブ166の開度SV<sub>P</sub>、点火進角FT、吸気弁152の開閉タイミングVT、エンジン150の運転状態、モータMG1およびモータMG2の駆動状態、リングギヤ軸126に出力されるトルクの状態を例示するタイミングチャートを図19に例示する。図示するように、時間 $t_4$ にエンジン停止制御ルーチンの実行が開始されると、目標空燃比がリーン側に設定されると共に、スロットルバルブ166の開度SV<sub>P</sub>、点火進角FTおよび吸気弁152の開閉タイミングVTがそれぞれ最終開度SV<sub>P2</sub>、最遅角FT1および最遅角VT1に向けて徐々に減少される。こうした減少により、エンジン150から出力されるトルクは値0に向けて徐々に減少する。このとき、モータMG1はサンギヤ軸125が目標回転数 $N_s^*$ で安定して回転するように制御され、モータMG2から出力されるトルクはエンジン150からプラネタリギヤ120を介して出力されるトルクとトルク指令値 $T_r^*$ との偏差となるよう制御されるから、リングギヤ軸126には安定してトルク指令値 $T_r^*$ に相当するトルクが出力される。

【0094】ステップS188ないしステップS202のエンジン150から出力されるトルク $T_e$ を徐々に減少させる処理が終了するときには（時間 $t_5$ ）、エンジン150はトルクの出力なしに目標回転数 $N_e^*$ で回転するよう制御されているから、モータMG2からはトルク指令値 $T_r^*$ に相当するトルクが出力されることにな

る。したがって、この状態のときにモータMG1からの出力を停止すると共にエンジン150の運転を停止すれば、リングギヤ軸126にトルクショックを生じることなく、エンジン150の回転エネルギーが熱として消費されて、時間T6で図10の共線図に示すように、エンジン150が停止し、モータMG1が空回りする状態に落ち着く。なお、このときモータMG2のトルク指令値 $T_{m2}^*$ にはトルク指令値 $T_r^*$ が設定されるから、リングギヤ軸126にはトルク指令値 $T_r^*$ に相当するトルクが安定して出力される。

【0095】以上説明した実施例の動力出力装置110におけるエンジン停止制御によれば、目標空燃比をリーン側に設定すると共に、スロットルバルブ166の開度SV<sub>P</sub>、点火進角FTおよび吸気弁152の開閉タイミングVTをそれぞれ最終開度SV<sub>P2</sub>、最遅角FT1および最遅角VT1に向けて徐々に減少させることにより、エンジン150から出力されるトルクを値0に向けて徐々に減少させることができる。しかも、この減少の最中にサンギヤ軸125が目標回転数 $N_s^*$ で安定して回転するようモータMG1を制御すると共に、エンジン150からプラネタリギヤ120を介して出力されるトルクとトルク指令値 $T_r^*$ との偏差のトルクがモータMG2から出力されるようモータMG2を制御するから、トルク指令値 $T_r^*$ に相当するトルクを安定してリングギヤ軸126に出力することができる。この結果、リングギヤ軸126延いては駆動軸112に生じるトルク変動をより小さくすることができる。

【0096】また、エンジン150の運転を停止するときには、目標空燃比をリーン側に設定すると共に、スロットルバルブ166の開度SV<sub>P</sub>を目標とする回転数でトルクの出力なしにエンジン150を運転できる最終開度SV<sub>P2</sub>とし、点火進角FTも吸気弁152の開閉タイミングVTもエンジン150から出力されるトルクが小さくなる最遅角FT1や最遅角VT1としているから、運転停止直前のエンジン150から出力されるトルクは極めて小さな値となり、運転停止に伴ってリングギヤ軸126に生じるトルクショックを小さくすることができる。

【0097】実施例のエンジン停止制御では、トルクの出力なしに目標回転数 $N_e^*$ の回転数でエンジン150が運転されるようにするために、目標空燃比をリーン側に設定すると共に、スロットルバルブ166の開度SV<sub>P</sub>、点火進角FTおよび吸気弁152の開閉タイミングVTをそれぞれ最終開度SV<sub>P2</sub>、最遅角FT1および最遅角VT1に向けて徐々に減少させたが、これらのすべてを行わず一つあるいは2以上の処理を組み合わせることにより、トルクの出力なしに目標回転数 $N_e^*$ の回転数でエンジン150が運転されるようにするものとしてもよい。

【0098】また、実施例のエンジン停止制御では、エ

エンジン150の運転を停止する際に、まず、エンジン150をトルクの出力なしに目標回転数 $N_e^*$ で運転する状態とするために、目標空燃比をリーン側に設定すると共に、スロットルバルブ166の開度 $SV_P$ 、点火進角 $FT$ および吸気弁152の開閉タイミング $VT$ をそれぞれ最終開度 $SV_P2$ 、最遅角 $FT1$ および最遅角 $VT1$ に向けて比例的に徐々に減少させたが、比例的に減少させず2次あるいは3次関数的に減少させるものとしてもよい。また、エンジン150から出力されるトルクが比例的に減少するようスロットルバルブ166の開度 $SV_P$ 、点火進角 $FT$ および吸気弁152の開閉タイミング $VT$ を減少させるものとしてもよい。この場合、その減少量は実験などにより求めることができる。

【0099】更に、実施例のエンジン停止制御では、目標空燃比をリーン側に設定すると共に、スロットルバルブ166の開度 $SV_P$ 、点火進角 $FT$ および吸気弁152の開閉タイミング $VT$ をそれぞれ最終開度 $SV_P2$ 、最遅角 $FT1$ および最遅角 $VT1$ に向けて同じ割合で同時に目標値に到達するよう徐々に減少させたが、異なる割合で異なる時に目標値に到達するよう減少させるものとしてもよい。

【0100】実施例の動力出力装置110では、エンジン150の運転を停止する信号が出力されたときに図18のエンジン停止制御ルーチンを実行してエンジン150の運転を停止するものとしたが、エンジン150の目標とする運転ポイントとして目標トルク $T_e^*$ に値0が設定されたときにエンジン150の運転を停止するものと判断し、エンジン停止制御ルーチンを実行してエンジン150の運転を停止するものとしてもよい。

【0101】実施例の動力出力装置110では、リングギヤ軸126に出力された動力をリングギヤ122に結合された動力取出ギヤ128を介してモータMG1とモータMG2との間から取り出したが、リングギヤ軸126を延出してケース115から取り出すものとしてもよい。また、エンジン150側からプラネタリギヤ120、モータMG2、モータMG1の順になるよう配置してもよい。この場合、サンギヤ軸125は中空でなくてもよく、リングギヤ軸126は中空軸とする必要がある。こうすれば、リングギヤ軸126に出力された動力をエンジン150とモータMG2との間から取り出すことができる。

【0102】実施例の動力出力装置110では、FR型あるいはFF型の2輪駆動の車両に適用するものとしたが、図20の変形例の動力出力装置110Bに示すように、4輪駆動の車両に適用するものとしてもよい。この構成では、リングギヤ軸126に結合していたモータMG2をリングギヤ軸126より分離して、車両の後輪部に独立して配置し、このモータMG2によって後輪部の駆動輪117、119を駆動する。一方、リングギヤ軸126は動力取出ギヤ128および動力伝達ギヤ111

を介してディファレンシャルギヤ114に結合されて前輪部の駆動輪116、118を駆動する。このような構成の下においても、前述した図7の出力エネルギー演算ルーチン、図8および図9のエンジン始動制御ルーチンおよび図18のエンジン停止制御ルーチンを実行することは可能である。

【0103】また、実施例の動力出力装置110では、3軸式動力入出力手段としてプラネタリギヤ120を用いたが、一方はサンギヤと他方はリングギヤとギヤ結合すると共に互いにギヤ結合しサンギヤの外周を自転しながら公転する2つ1組の複数組みのプラネタリピニオンギヤを備えるダブルピニオンプラネタリギヤを用いるものとしてもよい。この他、3軸式動力入出力手段として3軸のうちいずれか2軸に入出力される動力を決定すれば、この決定した動力に基づいて残余の1軸に入出力される動力を決定されるものであれば如何なる装置やギヤユニット等、例えば、ディファレンシャルギヤ等を用いることもできる。

【0104】次に、本発明の第2の実施例としての動力出力装置220について説明する。図21は第2実施例の動力出力装置220の概略構成を示す構成図、図22は第2実施例の動力出力装置220を組み込んだ車両の概略構成を示す構成図である。第2実施例の動力出力装置220が組み込まれた車両は、図22に示すように、クランクシャフト256にプラネタリギヤ120、モータMG1およびモータMG2が取り付けられている代わりにクラッチモータ230とアシストモータ240とが取り付けられている点を除いて第1実施例の動力出力装置110が組み込まれた車両（図3）と同様の構成をしている。したがって、第2実施例の動力出力装置220の構成のうち第1実施例の動力出力装置110と同一の構成については、100番台の符号を200番台の符号とし、その説明は省略する。なお、第2実施例の動力出力装置220の説明でも、明示しない限り第1実施例の動力出力装置110の説明の際に用いた符号はそのまま同じ意味で用いる。

【0105】図21に示すように、実施例の動力出力装置220は、大きくは、エンジン250と、エンジン250のクランクシャフト256にアウトロータ232が結合されると共に駆動軸222にインナロータ234が結合されたクラッチモータ230と、駆動軸222に結合されたロータ242を有するアシストモータ240と、クラッチモータ230およびアシストモータ240を駆動制御する制御装置280とから構成されている。

【0106】クラッチモータ230は、図21に示すように、アウトロータ232の内周面に永久磁石235を備え、インナロータ234に形成されたスロットに三相のコイル236を巻回する同期電動機として構成されている。この三相コイル236への電力は、スリップリング238を介して供給される。インナロータ234にお

10

20

30

40

50



いて三相コイル236用のスロットおよびティースを形成する部分は、無方向性電磁鋼板の薄板を積層することで構成されている。なお、クランクシャフト256には、その回転角度 $\theta_e$ を検出するレゾルバ239が設けられているが、このレゾルバ239は、ディストリビュータ260に設けられた回転角度センサ278と兼用することも可能である。

【0107】他方、アシストモータ240も同期電動機として構成されているが、回転磁界を形成する三相コイル244は、ケース245に固定されたステータ243に巻回されている。このステータ243も、無方向性電磁鋼板の薄板を積層することで形成されている。ロータ242の外周面には、複数個の永久磁石246が設けられている。アシストモータ240では、この永久磁石246により磁界と三相コイル244が形成する磁界との相互作用により、ロータ242が回転する。ロータ242が機械的に結合された軸は、動力出力装置220のトルクの出力軸である駆動軸222であり、駆動軸222には、その回転角度 $\theta_d$ を検出するレゾルバ248が設けられている。また、駆動軸222は、ケース245に設けられたベアリング249により軸支されている。

【0108】係るクラッチモータ230とアシストモータ240とは、クラッチモータ230のインナロータ234がアシストモータ240のロータ242、延いては駆動軸222に機械的に結合されている。したがって、エンジン250と両モータ230、240との関係を簡略に言えば、エンジン250からクランクシャフト256に出力された軸トルクがクラッチモータ230のアウトロータ232およびインナロータ234を介して駆動軸222に出力され、アシストモータ240からのトルクがこれに加減算されるということになる。

【0109】アシストモータ240は、通常の永久磁石型三相同期モータとして構成されているが、クラッチモータ230は、永久磁石235を有するアウトロータ232も三相コイル236を備えたインナロータ234も、共に回転するよう構成されている。そこで、クラッチモータ230の構成の詳細について、さらに説明する。クラッチモータ230のアウトロータ232はクランクシャフト256に、インナロータ234は駆動軸222に結合されており、アウトロータ232に永久磁石235が設けられていることは既に説明した。この永久磁石235は、実施例では8個（N極、S極が各4個）設けられており、アウトロータ232の内周面に貼付されている。その磁化方向はクラッチモータ230の軸中心に向かう方向であり、一つおきに磁極の方向は逆向きになっている。この永久磁石235と僅かなギャップにより対向するインナロータ234の三相コイル236は、インナロータ234に設けられた計12個のスロット（図示せず）に巻回されており、各コイルに通電すると、スロットを隔てるティースを通る磁束を形成する。

各コイルに三相交流を流すと、この磁界は回転する。三相コイル236の各々は、スリップリング238から電力の供給を受けるよう接続されている。このスリップリング238は、駆動軸222に固定された回転リング238aとブラシ238bとから構成されている。なお、三相（U、V、W相）の電流をやり取りするために、スリップリング238には三相分の回転リング238aとブラシ238bとが用意されている。

【0110】隣接する一組の永久磁石235が形成する磁界と、インナロータ234に設けられた三相コイル236が形成する回転磁界との相互作用により、アウトロータ232とインナロータ234とは種々の振る舞いを示す。通常は、三相コイル236に流す三相交流の周波数は、クランクシャフト256に直結されたアウトロータ232の回転数とインナロータ234の回転数との偏差の4倍の周波数としている。

【0111】図21に示すように、第2実施例の動力出力装置220が備える制御装置280は、第1実施例の動力出力装置110が備える制御装置180と同様に構成されている。すなわち、制御装置280は、クラッチモータ230を駆動する第1の駆動回路291、アシストモータ240を駆動する第2の駆動回路292、両駆動回路291、292を制御する制御CPU290と、二次電池であるバッテリー294とから構成されており、制御CPU290は、内部に、ワーク用のRAM290a、処理プログラムを記憶したROM290b、入出力ポート（図示せず）およびEFIECU270と通信を行なうシリアル通信ポート（図示せず）を備える。この制御CPU290には、レゾルバ239からのエンジン250の回転角度 $\theta_e$ 、レゾルバ248からの駆動軸222の回転角度 $\theta_d$ 、アクセルペダルポジションセンサ264aからのアクセルペダルポジションAP、ブレーキポジションセンサ265aからのブレーキペダルポジションBP、シフトポジションセンサ284からのシフトポジションSP、第1の駆動回路291に設けられた2つの電流検出器295、296からのクラッチ電流値 $I_{uc}$ 、 $I_{vc}$ 、第2の駆動回路292に設けられた2つの電流検出器297、298からのアシスト電流値 $I_{ua}$ 、 $I_{va}$ 、バッテリー294の残容量を検出する残容量検出器299からの残容量BRMなどが、入力ポートを介して入力されている。

【0112】また、制御CPU290からは、第1の駆動回路291に設けられたスイッチング素子である6個のトランジスタ $Tr_1$ ないし $Tr_6$ を駆動する制御信号SW1と、第2の駆動回路292に設けられたスイッチング素子としての6個のトランジスタ $Tr_{11}$ ないし $Tr_{16}$ を駆動する制御信号SW2とが出力されている。この第1の駆動回路291および第2の駆動回路292内の各々6個のトランジスタ $Tr_1$ ないし $Tr_6$ 、トランジスタ $Tr_{11}$ ないし $Tr_{16}$ は、それぞれトランジ



スタインバータを構成しており、それぞれ、一对の電源ライン L1, L2 に対してソース側とシンク側となるよう 2 個ずつペアで配置され、その接続点に、第 1 の駆動回路 291 ではクラッチモータ 230 の三相コイル (UVW) 236 の各々がスリップリング 238 を介して、第 2 の駆動回路 292 ではアシストモータ 240 の三相コイル 244 の各々が接続されている。電源ライン L1, L2 は、バッテリー 294 のプラス側とマイナス側にそれぞれ接続されている。したがって、制御 CPU 290 により対をなすトランジスタ Tr1 ないし Tr6, トランジスタ Tr11 ないし Tr16 のオン時間の割合を制御信号 SW1, SW2 により順次制御し、三相コイル 236, 244 に流れる電流を PWM 制御によって擬似的な正弦波にすると、三相コイル 236, 244 により、回転磁界が形成される。

【0113】次に第 2 実施例の動力出力装置 220 の動作について説明する。第 2 実施例の動力出力装置 220 の動作原理、特にトルク変換の原理は以下の通りである。エンジン 250 が E F I E C U 270 により運転され、エンジン 250 の回転数 Ne が所定の回転数 N1 で回転しているとす。このとき、制御装置 280 がスリップリング 238 を介してクラッチモータ 230 の三相コイル 236 に何等電流を流していないとすれば、すなわち第 1 の駆動回路 291 のトランジスタ Tr1, 3, 5 をオフとしトランジスタ Tr2, 4, 6 をオンとした状態であれば、三相コイル 236 には何等の電流も流れないから、クラッチモータ 230 のアウトロータ 232 とインナロータ 234 とは電磁的に全く結合されていない状態となり、エンジン 250 のクランクシャフト 256 は空回りしている状態となる。この状態では、三相コイル 236 からの回生も行なわれない。すなわち、エンジン 250 はアイドル回転をしていることになる。

【0114】制御装置 280 の制御 CPU 290 が制御信号 SW1 を出力してトランジスタ Tr1 ないし Tr6 をオンオフ制御すると、エンジン 250 のクランクシャフト 256 の回転数 Ne と駆動軸 222 の回転数 Nd との偏差 (言い換えれば、クラッチモータ 230 におけるアウトロータ 232 とインナロータ 234 の回転数差  $N_c (N_e - N_d)$ ) に応じて、クラッチモータ 230 の三相コイル 236 に一定の電流が流れ、クラッチモータ 230 は発電機として機能し、電流が第 1 の駆動回路 291 を介して回生され、バッテリー 294 が充電される。このとき、アウトロータ 232 とインナロータ 234 とは一定の滑りが存在する結合状態となり、インナロータ 234 は、エンジン 250 の回転数 Ne (クランクシャフト 256 の回転数) より低い回転数 Nd で回転する。この状態で、回生される電気エネルギーと等しいエネルギーがアシストモータ 240 で消費されるように、制御 CPU 290 により第 2 の駆動回路 292 を制御すると、アシストモータ 240 の三相コイル 244 に電流が

流れ、アシストモータ 240 においてトルクが発生する。

【0115】図 23 に照らせば、エンジン 250 が回転数 N1, トルク T1 の運転ポイント P1 で運転しているときに、クラッチモータ 230 でトルク T1 を駆動軸 222 に伝達すると共に領域 G1 で表わされるエネルギーを回生し、この回生されたエネルギーを領域 G2 で表わされるエネルギーとしてアシストモータ 240 に供給することにより、駆動軸 222 を回転数 N2, トルク T2 の運転ポイント P2 で回転させることができる。

【0116】次に、エンジン 250 が回転数 Ne が所定の回転数 N2 でトルク Te がトルク T2 で運転されており、駆動軸 222 が回転数 N2 より大きな回転数 N1 で回転している場合を考える。この状態では、クラッチモータ 230 のインナロータ 234 は、アウトロータ 232 に対して回転数差  $N_c (N_e - N_d)$  の絶対値で示される回転数で駆動軸 222 の回転方向に回転するから、クラッチモータ 230 は、通常のモータとして機能し、バッテリー 294 から放電される電気エネルギーにより駆動軸 222 に回転エネルギーを与える。一方、制御 CPU 290 によりアシストモータ 240 により電力を回生するよう第 2 の駆動回路 292 を制御すると、アシストモータ 240 のロータ 242 とステータ 243 との間の滑りにより三相コイル 244 に回生電流が流れる。ここで、アシストモータ 240 により回生される電力がクラッチモータ 230 により消費されるよう制御 CPU 290 により第 1 および第 2 の駆動回路 291, 292 を制御すれば、クラッチモータ 230 を、バッテリー 294 に蓄えられた電力を用いることなく駆動することができる。

【0117】図 23 に照らせば、クランクシャフト 256 が回転数 N2, トルク T2 で運転しているときに、領域 G1 と領域 G3 との和として表わされるエネルギーをクラッチモータ 230 に供給して駆動軸 222 にトルク T2 を出力すると共に、クラッチモータ 230 に供給するエネルギーを領域 G2 と領域 G3 との和として表わされるエネルギーとしてアシストモータ 240 から回生して賄うことにより、駆動軸 222 を回転数 N1, トルク T1 の運転ポイント P2 で回転させることができるのである。

【0118】なお、実施例の動力出力装置 220 では、こうしたエンジン 250 から出力される動力のすべてをトルク変換して駆動軸 222 に出力する動作の他に、エンジン 250 から出力される動力 (トルク Te と回転数 Ne との積) と、クラッチモータ 230 により回生または消費される電気エネルギーと、アシストモータ 240 により消費または回生される電気エネルギーとを調節することにより、余剰の電気エネルギーを見い出してバッテリー 294 を放電する動作としたり、不足する電気エネルギーをバッテリー 294 に蓄えられた電力により補う動作とすることもできる。また、クラッチモータ 230 のトルク Tc を値 0 とすると共にエンジン 250 の運転を停止した

状態でバッテリー294から放電される電力を用いてアシストモータ240から出力されるトルク $T_a$ だけで駆動する動作とすることもできる。

【0119】次に、動力出力装置220がバッテリー294から放電される電力を用いてアシストモータ240から出力されるトルク $T_a$ だけで駆動軸222を駆動する動作状態にあるときに、エンジン250を始動すると共に、始動したエンジン250から出力されるエネルギー $P_e$ とバッテリー294から出力される放電エネルギー $P_b$ とをエネルギー変換して駆動する動作に移行する際の制御について図24に例示する出力エネルギー演算ルーチンおよび図25、図26に例示するエンジン始動制御ルーチンに基づき説明する。なお、出力エネルギー演算ルーチンは、第1実施例で説明した図7の出力エネルギー演算ルーチンと同様に、こうした移行時の制御として行なわれるものではなく、動力出力装置220が上述の基本的なトルク変換の動作状態にあるときやバッテリー294の充放電を伴う動作状態にあるとき、あるいは、アシストモータ240から出力されるトルク $T_a$ だけで駆動する動作状態にあるときなど、種々の動作状態にあるときに所定時間毎（例えば、8msec毎）に繰り返し実行されるものである。

【0120】図24の出力エネルギー演算ルーチンや図25および図26のエンジン始動制御ルーチンは、リングギヤ軸126へ出力すべきトルクの指令値 $T_r^*$ やエネルギー $P_r$ に代えて駆動軸222へ出力すべきトルクの指令値 $T_d^*$ やエネルギー $P_d$ を用いたこと、プラネタリギヤ120やモータMG1、モータMG2に代えてクラッチモータ230やアシストモータ240を用いたことに伴ってトルクの計算手法が異なることを除いて第1実施例の図7の出力エネルギー演算ルーチンや図8および図9のエンジン始動制御ルーチンと同様である。したがって、これらのルーチンについては、第1実施例のルーチンと異なる点を中心に簡単に説明するまでに止める。

【0121】図24に例示する出力エネルギー演算ルーチンが実行されると、制御装置280の制御CPU290は、まず、駆動軸222の回転数 $N_d$ を読み込む処理を実行する（ステップS300）。ここで、駆動軸222の回転数 $N_d$ は、レゾルバ248により検出される駆動軸222の回転角度 $\theta_d$ から求めることができる。続いて、アクセルペダルポジションセンサ264aによって検出されるアクセルペダルポジションAPを入力し（ステップS302）、読み込んだアクセルペダルポジションAPと駆動軸222の回転数 $N_d$ とに基づいて駆動軸222に出力すべきトルクの目標値であるトルク指令値 $T_d^*$ を導出する処理を行なう（ステップS304）。トルク指令値 $T_d^*$ の導出は、第1実施例と同様の手法による。次に、導出したトルク指令値 $T_d^*$ と駆動軸222の回転数 $N_d$ とから、駆動軸222に出力すべきエネルギー $P_d$ を計算（ $P_d = N_d \times T_d^*$ ）により求めて

（ステップS306）、本ルーチンを終了する。

【0122】こうして駆動軸222に出力すべきトルクの指令値 $T_d^*$ やエネルギー $P_d$ が求められると、この値を用いてエンジン250の運転やバッテリー294からの充放電エネルギー、クラッチモータ230のトルク指令値 $T_c^*$ およびアシストモータ240のトルク指令値 $T_a^*$ が設定され、エンジン250、クラッチモータ230およびアシストモータ240の制御が行なわれる。いま、動力出力装置220の動作状態として、アシストモータ240から出力されるトルク $T_a$ だけで駆動する動作状態を考えているから、エンジン250の運転は停止され、クラッチモータ230のトルク指令値 $T_c^*$ には値0、アシストモータ240のトルク指令値 $T_a^*$ にはトルク指令値 $T_d^*$ が設定されてその運転が制御されることになる。

【0123】こうした状態のときにエンジン250を始動する信号が出力されると、図25および図26に例示するエンジン始動制御ルーチンが実行される。本ルーチンが実行されると、制御装置280の制御CPU290は、まず、残容量検出器299により検出されるバッテリー294の残容量BRMを読み込み（ステップS310）、図24の出力エネルギー演算ルーチンにより設定されたエネルギー $P_d$ とバッテリー294の残容量BRMとに基づいてエンジン250から出力すべきエネルギー $P_e$ を設定する（ステップS312）。第2実施例でも、第1実施例と同様に、エネルギー $P_d$ とバッテリー294の残容量BRMとがそれぞれ所定の範囲内にあか否かによって、エネルギー $P_d$ のすべてをエンジン250から出力されるエネルギー $P_e$ で賄ったり、その一部をエンジン250から出力されるエネルギー $P_e$ で賄うと共に残余をバッテリー294から放電される電気エネルギーにより賄ったり、あるいはエンジン250から出力されるエネルギー $P_e$ の一部をエネルギー $P_d$ として出力すると共に残余のエネルギーによりバッテリー294を充電するものとしてエネルギー $P_e$ を設定するものとした。

【0124】次に、設定したエネルギー $P_e$ に基づいてエンジン250の目標回転数 $N_e^*$ と目標トルク $T_e^*$ とを設定し（ステップS314）、図8および図9のエンジン始動制御ルーチンのステップS118ないしS126の処理と同一のステップS318ないしS326の処理、すなわち、スロットルバルブ266の初期開度 $SV_{P1}$ や目標開度 $SV_{P^*}$ の設定、スロットルバルブ266の開度 $SV_P$ の初期開度 $SV_{P1}$ への設定、点火進角 $FT$ の最遅角 $FT1$ への設定、吸気弁152の開閉タイミング $VT$ の最遅角 $VT1$ への設定、目標空燃比のリーン側への設定の処理を行なう。そして、エンジン250の目標回転数 $N_e^*$ に基づいてクラッチモータ230のトルク指令値 $T_c^*$ に設定すると共に（ステップS328）、トルク指令値 $T_d^*$ からトルク指令値 $T_c^*$ を減じた値をアシストモータ240のトルク指令値 $T_a^*$ に

設定する(ステップS330)。ここで、クラッチモータ230のトルク指令値 $T_c^*$ に設定される値は、ステップS320ないしS326の運転条件が設定されたエンジン250を目標回転数 $N_e^*$ で回転させるのに必要なトルクの値であり、トルクの符号をクランクシャフト256の回転方向のトルクが駆動軸222に作用するときを正とすれば、負の値のトルクとなる。

【0125】第2実施例でもクラッチモータ230のトルク指令値 $T_c^*$ とアシストモータ240のトルク指令値 $T_a^*$ とが設定されると、クラッチモータ230とアシストモータ240は、それぞれ所定時間毎(例えば4msec毎)に割込処理として繰り返し実行される図27に例示するクラッチモータ制御ルーチンと図28に例示するアシストモータ制御ルーチンとによって駆動制御される。各制御ルーチンは、クラッチモータ230の電気角 $\theta_c$ をクランクシャフト256の回転角度 $\theta_e$ と駆動軸222の回転角度 $\theta_d$ との偏差によって計算する点を除いて第1実施例で説明した図15のモータMG1の制御ルーチンや図16のモータMG2の制御ルーチンと同様であるから、これらの説明は省略する。

【0126】なお、クラッチモータ230の制御は、トルク指令値 $T_c^*$ の符号を上述したようにクランクシャフト256の回転方向のトルクが駆動軸222に作用するときを正とすれば、正の値のトルク指令値 $T_c^*$ が設定されても、エンジン250の回転数 $N_e$ が駆動軸222の回転数 $N_d$ より大きいとき(正の値の回転数差 $N_c(N_e - N_d)$ が生じる)には、回転数差 $N_c$ に応じた回生電流を発生させる回生制御がなされ、回転数 $N_e$ が回転数 $N_d$ より小さいとき(負の値の回転数差 $N_c(N_e - N_d)$ が生じる)には、クランクシャフト256に対して相対的に回転数差 $N_c$ の絶対値で示される回転数で駆動軸222の回転方向に回転する力行制御がなされる。クラッチモータ230の回生制御と力行制御は、トルク指令値 $T_c^*$ が正の値であれば、共にアウトロータ232に取り付けられた永久磁石235と、インナロータ234の三相コイル236に流れる電流により生じる回転磁界とにより正の値のトルクが駆動軸222に作用するよう第1の駆動回路291のトランジスタ $Tr1$ ないし $Tr6$ を制御するものであるから、同一のスイッチング制御となる。即ち、トルク指令値 $T_c^*$ の符号が同じであれば、クラッチモータ230の制御が回生制御であっても力行制御であっても同じスイッチング制御となる。したがって、図27のクラッチモータ制御ルーチンで回生制御と力行制御のいずれも行なうことができる。また、トルク指令値 $T_c^*$ が負の値のとき、即ち駆動軸222を制動しているときや車両を後進させているときは、ステップS362の電気角 $\theta_c$ の変化の方向が逆になるから、この際の制御も図27のクラッチモータ制御処理により行なうことができる。

【0127】このようにクラッチモータ230のトルク

指令値 $T_c^*$ とアシストモータ240のトルク指令値 $T_a^*$ とを設定し、クラッチモータ230とアシストモータ240とをそれぞれ駆動制御することにより、エンジン250を目標回転数 $N_e^*$ までモータリングすると共に、エンジン250のモータリングに拘わらず駆動軸222にトルク指令値 $T_d^*$ に相当するトルクを安定して出力することができる。

【0128】次に、エンジン250の回転数 $N_e$ を読み込み(ステップS332)、読み込んだ回転数 $N_e$ をエンジン250の目標回転数 $N_e^*$ と比較する(ステップS334)、回転数 $N_e$ と目標回転数 $N_e^*$ との偏差が偏差 $\Delta N_e$ 以上のときには、ステップS330のアシストモータ240のトルク指令値 $T_a^*$ の設定処理に戻ってステップS330ないしS334の処理を繰り返す。ここで、偏差 $\Delta N_e$ は、第1実施例の偏差 $\Delta N_s$ に相当するものであり、エンジン始動制御ルーチンの処理を迅速に進めるために用いられるものである。このように、エンジン250の回転数 $N_e$ が目標回転数 $N_e^*$ に近づくまでアシストモータ240のトルク指令値 $T_a^*$ を設定し直すことにより、その途中でアクセルペダル264の踏込量に変化が生じ、駆動軸222へ出力すべきトルクの要求値であるトルク指令値 $T_d^*$ が変更されても、駆動軸222に変更されたトルク指令値 $T_d^*$ に相当するトルクを出力することができる。

【0129】エンジン250の回転数 $N_e$ が目標回転数 $N_e^*$ に近づいてその偏差が偏差 $\Delta N_e$ 未満になると、燃料噴射弁251から噴射する燃料噴射量の制御や点火プラグ262から火花点火する点火制御などを開始し(ステップS336)、エンジン250が始動するのを確認する(ステップS338)。ここでの燃料噴射制御や点火制御などのエンジン250の運転制御は、ステップS320ないしS326によって設定されたスロットルバルブ266の開度 $SV_P$ 、点火進角 $FT$ 、吸気弁252の開閉タイミング $VT$ および目標空燃比に基づいて行なわれるから、エンジン250の運転は、トルクの出力なしに目標回転数 $N_e^*$ で回転するよう制御されることになる。

【0130】エンジン250の始動を確認すると、図8および図9のエンジン始動制御ルーチンのステップS140ないしS146の処理と同一のステップS340ないしS346の処理、すなわち目標空燃比の理論空燃比への設定、スロットルバルブ266の開度 $SV_P$ の増加、点火進角 $FT$ の進角、開閉タイミング $VT$ の進角の処理を行なう。そして、エンジン250の回転数 $N_e$ を読み込み(ステップS348)、読み込んだ回転数 $N_e$ と目標回転数 $N_e^*$ とに基づいて次式(13)によりクラッチモータ230のトルク指令値 $T_c^*$ を設定すると共に(ステップS350)、トルク指令値 $T_d^*$ からトルク指令値 $T_c^*$ を減じた値をアシストモータ240のトルク指令値 $T_a^*$ に設定する(ステップS352)。

ここで、式(13)中の右辺第1項はエンジン250の回転数 $N_e$ と目標回転数 $N_{e*}$ との偏差に基づく補正項、右辺第2項はエンジン250の回転数 $N_e$ の目標回転数 $N_{e*}$ に対する定常偏差を解消するための積分項であり、 $K_3$ と $K_4$ は定数である。このようにクラッチモータ230のトルク指令値 $T_c^*$ を設定することにより、エンジン250を目標回転数 $N_{e*}$ で回転させるこ

$$T_c^* \leftarrow K_3(N_{e*} - N_e) + K_4 \int (N_{e*} - N_e) dt \quad \dots\dots(13)$$

【0132】そして、カウンタCをインクリメントし(ステップS354)、カウンタCを繰り返し回数 $C_{set}$ と比較して(ステップS356)、カウンタCが繰り返し回数 $C_{set}$ 以上となるまでステップS342ないしS356の処理を繰り返して本ルーチンを終了する。

【0133】こうしたエンジン始動制御ルーチンを実行したときのタイミングチャートを図29に例示する。図示するように、時間 $t_1$ にエンジン始動制御ルーチンの実行が開始されると、目標空燃比をリーン側に、スロットルバルブ266の開度 $SVP$ に初期開度 $SVP_1$ を、点火進角 $FT$ に最遅角 $FT_1$ を、吸気弁252の開閉タイミング $VT$ に最遅角 $VT_1$ をそれぞれ設定し、クラッチモータ230のトルク指令値 $T_c^*$ にエンジン250をモータリングするためのトルクを設定すると共にアシストモータ240のトルク指令値 $T_a^*$ にこのモータリングに伴ってクラッチモータ230から駆動軸222に出力されるトルクを打ち消すトルクをトルク指令値 $T_d^*$ に加えて設定する。この結果、エンジン250はモータリングされてその回転数が目標回転数 $N_{e*}$ に近づくが、こうしたモータリングによっても駆動軸222には安定してトルク指令値 $T_d^*$ に相当するトルクが出力され、トルクショックは生じない。

【0134】エンジン250の回転数 $N_e$ と目標回転数 $N_{e*}$ との偏差が偏差 $\Delta N_e$ 未満となると(時間 $t_2$ )、燃料噴射制御や点火制御などが開始され、エンジン250の運転が開始される。このとき、エンジン250は、目標空燃比がリーン側に、スロットルバルブ266の開度 $SVP$ が初期開度 $SVP_1$ に、点火進角 $FT$ が最遅角 $FT_1$ に、吸気弁252の開閉タイミング $VT$ が最遅角 $VT_1$ にそれぞれ設定されているから、トルクの出力なしに目標回転数 $N_{e*}$ で回転するよう運転されることになる。なお、エンジン250から出力されるトルクはエンジン250の温度や燃料の性状、吸気系のデポジットなどによって変化するから、上述のように制御されても若干の正のトルクあるいは負のトルクが出力されることになるが、その値は小さいから駆動軸222に生じるトルクショックとしては小さなものとなる。

【0135】エンジン250が始動すると、目標空燃比にストイキな理論空燃比が設定され、スロットルバルブ266の開度 $SVP$ 、点火進角 $FT$ および吸気弁252

\*とができる。また、トルク指令値 $T_d^*$ からトルク指令値 $T_c^*$ を減じた値をアシストモータ240のトルク指令値 $T_a^*$ に設定することにより、駆動軸222にトルク指令値 $T_r^*$ に相当するトルクを出力することができる。

【0131】

【数11】

10 の開閉タイミング $VT$ がそれぞれ目標開度 $SVP^*$ 、最適進角 $FT^*$ および最適開閉タイミング $VT^*$ に向けて徐々に増加される。こうした増加により、エンジン250から出力されるトルクは目標トルク $T_e^*$ に向けて徐々に増加する。このとき、クラッチモータ230はエンジン250が目標回転数 $N_{e*}$ で安定して回転するように制御され、アシストモータ240はクラッチモータ230から駆動軸222に出力されるトルクを打ち消すよう制御されるから、駆動軸222には安定してトルク指令値 $T_d^*$ に相当するトルクが出力される。

20 【0136】そして、スロットルバルブ266の開度 $SVP$ が目標開度 $SVP^*$ に、点火進角 $FT$ が最適進角 $FT^*$ に、吸気弁252の開閉タイミング $VT$ が最適開閉タイミング $VT^*$ になったときには(時間 $t_3$ )、エンジン250は、目標回転数 $N_{e*}$ と目標トルク $T_e^*$ とで表わされる運転ポイントで運転され、エンジン250から出力されるエネルギー $P_e$ とバッテリー294から充放電される電気エネルギーとがエネルギー変換されて、駆動軸222にトルク指令値 $T_d^*$ に相当するトルクが出力される。

30 【0137】次に、第2実施例の動力出力装置220がバッテリー294からの充放電なしにエンジン250から出力されるエネルギー $P_e$ をエネルギー変換して駆動軸222に出力している最中や、バッテリー294から充放電される電気エネルギーとエンジン250から出力されるエネルギー $P_e$ とをエネルギー変換して駆動軸222に出力している最中に、エンジン250の運転停止の信号が出力されたときのエンジン250の運転停止制御について説明する。この制御は、図30に例示するエンジン停止制御ルーチンによって行なわれる。図示するように、このエンジン停止制御ルーチンは、サンギヤ軸125が目標回転数 $N_s^*$ で回転するようモータMG1のトルク指令値 $T_{m1}^*$ を設定する処理(ステップS194およびS196)に代えてエンジン250が目標回転数 $N_{e*}$ で回転するようクラッチモータ230のトルク指令値 $T_c^*$ を設定する処理(ステップS394およびS396)を行なう点と、式(5)によりモータMG2のトルク指令値 $T_{m2}^*$ を設定する処理(ステップS198)に代えてトルク指令値 $T_d^*$ からクラッチモータ230のトルク指令値 $T_c^*$ を減じた値をアシストモータ240のトルク指令値 $T_a^*$ に設定する処理(ステップS398)

を行なう点とが相違するだけで図18のエンジン停止制御ルーチンと同一である。これらの相違は、プラネタリギヤ120、モータMG1およびモータMG2に代えてクラッチモータ230およびアシストモータ240を備える構成の相違に基づくものである。したがって、エンジン250を停止する制御についてのこれ以上の説明は省略する。なお、こうしたエンジン停止制御ルーチンを実行したときのタイミングチャートは図31のようになる。

【0138】以上説明した第2実施例の動力出力装置220によれば、第1実施例の動力出力装置110が実行する図8および図9のエンジン始動制御ルーチンや図18のエンジン停止制御ルーチンと同様の図25および図26のエンジン始動制御ルーチンや図30のエンジン停止制御ルーチンを実行することにより、第1実施例の動力出力装置110が奏する効果と同様の効果を奏することができる。すなわち、エンジン250の始動時には、  
①エンジン250をモータリングするときにスロットルバルブ266の開度SVPを目標とする回転数でトルクの出力なしにエンジン250を運転できる初期開度SVP1とすると共に吸気弁252の開閉タイミングVTを吸入空気量が少なくなる最遅角VT1とすることにより、モータリングに必要なトルクを小さくしてエンジン250のモータリングの際に駆動軸222に生じるトルクショックを小さくすることができる効果や、②このモータリングに伴って駆動軸222に出力されるトルクを打ち消すようアシストモータ240のトルクを制御することにより、モータリングの際に駆動軸222に生じるトルクショックを更に小さくすることができる効果、あるいは、③エンジン250が始動してから目標空燃比をストイキな理論空燃比に設定すると共にスロットルバルブ266の開度SVP、点火進角FTおよび吸気弁252の開閉タイミングVTをそれぞれ目標開度SVP\*、最適進角FT\*および最適開閉タイミングVT\*に向けて徐々に増加することにより、エンジン250から出力されるトルクを目標トルクTe\*に向けて徐々に増加することができる効果、④この増加の最中にエンジン250が目標回転数Ne\*で安定して回転するようクラッチモータ230を制御すると共にクラッチモータ230から駆動軸222に出力されるトルクを打ち消すようアシストモータ240を制御することにより、トルク指令値Td\*に相当するトルクを安定して駆動軸222に出力することができる効果などを奏することができる。

【0139】また、エンジン250の運転停止時には、①目標空燃比をリーン側に設定すると共にスロットルバルブ266の開度SVP、点火進角FTおよび吸気弁252の開閉タイミングVTをそれぞれ最終開度SVP2、最遅角FT1および最遅角VT1に向けて徐々に減少させることにより、エンジン250から出力されるトルクを値0に向けて徐々に減少させることができる効果

や、②この減少の最中にエンジン250が目標回転数Ne\*で安定して回転するようクラッチモータ230を制御すると共にクラッチモータ230から駆動軸222に出力されるトルクを打ち消すようアシストモータ240を制御することにより、トルク指令値Td\*に相当するトルクを安定して駆動軸222に出力することができる効果、あるいは、③エンジン250の運転を停止するときに目標空燃比をリーン側に設定すると共にスロットルバルブ266の開度SVPを目標とする回転数でトルクの出力なしにエンジン250を運転できる最終開度SVP2とし、点火進角FTや吸気弁252の開閉タイミングVTもエンジン250から出力されるトルクが小さくなる最遅角FT1や最遅角VT1とすることにより、運転停止直前のエンジン250から出力されるトルクを極めて小さな値として、運転停止に伴って駆動軸222に生じるトルクショックを小さくすることができる効果などを奏することができる。

【0140】なお、第2実施例の動力出力装置220でも、第1実施例の動力出力装置110の変形例、例えば、①目標空燃比のリーン側への設定やスロットルバルブ166の開度SVPの初期開度SVP1への設定、点火進角FTの最遅角FT1への設定、吸気弁152の開閉タイミングVTの最遅角VT1への設定の一つあるいは2以上を行なってエンジン150を始動する変形例や、②目標空燃比に理論空燃比を設定すると共に、スロットルバルブ166の開度SVP、点火進角FTおよび吸気弁152の開閉タイミングVTをそれぞれ目標開度SVP\*、最適進角FT\*および最適開閉タイミングVT\*に向けて異なる割合で異なる時に目標値に到達するように増加させる変形例、③目標空燃比をリーン側に設定すると共にスロットルバルブ166の開度SVP、点火進角FTおよび吸気弁152の開閉タイミングVTをそれぞれ最終開度SVP2、最遅角FT1および最遅角VT1に向けて異なる割合で異なる時に目標値に到達するように減少させる変形例などのハード構成に依存しない種々の変形例とした際に適用した事項についても同様に行なうことができる。

【0141】このほか、第2実施例の動力出力装置220では、クラッチモータ230とアシストモータ240とをそれぞれ別個に駆動軸222に取り付けたが、図32に例示する変形例の動力出力装置220Aのように、クラッチモータとアシストモータとが一体となるよう構成してもよい。この変形例の動力出力装置220Aの構成について以下に簡単に説明する。図示するように、変形例の動力出力装置220Aのクラッチモータ230Aは、クランクシャフト256に結合したインナロータ234Aと、駆動軸222に結合したアウトロータ232Aとから構成され、インナロータ234Aには三相コイル236Aが取り付けられており、アウトロータ232Aには永久磁石235Aがその外周面側の磁極と内周面



側の磁極とが異なるよう嵌め込まれている。なお、図示しないが、永久磁石 235A の外周面側の磁極と内周面側の磁極との間には、非磁性体により構成された部材が嵌挿されている。一方、アシストモータ 240A は、このクラッチモータ 230A のアウトロータ 232A と、三相コイル 244 が取り付けられたステータ 243 とから構成される。すなわち、クラッチモータ 230A のアウトロータ 232A がアシストモータ 240A のロータを兼ねる構成となっている。なお、クランクシャフト 256 に結合したインナロータ 234A に三相コイル 236A が取り付けられているから、クラッチモータ 230A の三相コイル 236A に電力を供給するスリップリング 238 は、クランクシャフト 256 に取り付けられている。

【0142】この変形例の動力出力装置 220A では、アウトロータ 232A に嵌め込まれた永久磁石 235A の内周面側の磁極に対してインナロータ 234A の三相コイル 236A に印加する電圧を制御することにより、第 2 実施例の動力出力装置 220 のクラッチモータ 230 と同様に動作する。また、アウトロータ 232A に嵌め込まれた永久磁石 235A の外周面側の磁極に対してステータ 243 の三相コイル 244 に印加する電圧を制御することにより第 2 実施例の動力出力装置 220 のアシストモータ 240 と同様に動作する。したがって、変形例の動力出力装置 220A は、上述した第 2 実施例の動力出力装置 220 が行なうすべての動作について同様に動作する。

【0143】こうした変形例の動力出力装置 220A によれば、アウトロータ 232A がクラッチモータ 230A のロータの一方とアシストモータ 240A のロータとを兼ねるから、動力出力装置の小型化および軽量化を図ることができる。

【0144】第 2 実施例の動力出力装置 220 では、FR 型あるいは FF 型の 2 輪駆動の車両に適用するものとしたが、図 33 の変形例の動力出力装置 220B に示すように、4 輪駆動の車両に適用するものとしてもよい。この場合、駆動軸 222 に機械的に結合していたアシストモータ 240 を駆動軸 222 より分離して、車両の後輪部に独立して配置し、このアシストモータ 240 によって後輪部の駆動輪 227、229 を駆動する。一方、駆動軸 222 の先端はギヤ 223 を介してデフアレンシャルギヤ 224 に結合されており、この駆動軸 222 によって前輪部の駆動輪 226、228 を駆動する。このような構成の下においても、前述した第 2 実施例を実現することは可能である。

【0145】また、第 2 実施例の動力出力装置 220 では、クラッチモータ 230 に対する電力の伝達手段として回転リング 238a とブラシ 238b とからなるスリップリング 238 を用いたが、回転リングー水銀接触、磁気エネルギーの半導体カップリング、回転トランス等を

用いることもできる。

【0146】ところで、上述した第 1 実施例の動力出力装置 110 や第 2 実施例の動力出力装置 220 では、エンジン 150、250 としてガソリンにより運転されるガソリンエンジンを用いたが、その他に、ディーゼルエンジンや、タービンエンジンや、ジェットエンジンなど各種の内燃或いは外燃機関を用いることもできる。

【0147】また、第 1 実施例の動力出力装置 110 や第 2 実施例の動力出力装置 220 では、モータ MG1 やモータ MG2、クラッチモータ 230 やアシストモータ 240 として PM 形（永久磁石形；Permanent Magnet type）同期電動機を用いていたが、回生動作及び力行動作を行なわせるのであれば、その他にも、VR 形（可変リラクタンス形；Variable Reluctance type）同期電動機や、バーニアモータや、直流電動機や、誘導電動機や、超電導モータや、ステップモータなどを用いることもできる。

【0148】さらに、第 1 実施例の動力出力装置 110 や第 2 実施例の動力出力装置 220 では、第 1 および第 2 の駆動回路 191、192、291、292 としてトランジスタインバータを用いたが、その他に、IGBT（絶縁ゲートバイポーラモードトランジスタ；Insulated Gate Bipolar mode Transistor）インバータや、サイリスタインバータや、電圧 PWM（パルス幅変調；Pulse Width Modulation）インバータや、方形波インバータ（電圧形インバータ、電流形インバータ）や、共振インバータなどを用いることもできる。

【0149】また、バッテリー 194、294 としては、Pb バッテリー、NiMH バッテリー、Li バッテリーなどを用いることができるが、バッテリー 194、294 に代えてキャパシタを用いることもできる。

【0150】上述したように、本発明の原動機の運転を停止した状態で電動機のみか駆動軸に動力を出力しているときに原動機を始動する制御や原動機と電動機とから駆動軸に動力を出力しているときに原動機の運転を停止する制御は、原動機と電動機とから同時に駆動軸に動力を出力できる動力出力装置であれば如何なるものであってもよいから、例えば、図 34 に例示する動力出力装置 310 のような構成にも適用できる。変形例の動力出力装置 310 は、クラッチ CL を介してクランクシャフト CS が駆動軸 DS と結合されたエンジン EG と、駆動軸 DS に取り付けられた発電可能なモータ MG3 と、モータ MG3 に電力を供給可能なバッテリー BT と、エンジン EG の運転やモータ MG3 の駆動、クラッチ CL の係合状態を制御する車両コントローラ CC とを備える。なお、駆動軸 DS は、デフアレンシャルギヤ DG を介して駆動輪 AH に接続されている。

【0151】こうした変形例の動力出力装置 310 でも図 24 の出力エネルギー演算ルーチンと共に図 35 および図 36 に例示するエンジン始動制御ルーチンを実行する



ことにより、モータMG 3から出力される動力のみで駆動している状態でエンジンEGを始動し、エンジンEGから出力されるエネルギーP<sub>e</sub>とバッテリーBTから充放電される電気エネルギーによる駆動とすることができる。以下にこの変形例の動力出力装置310におけるエンジン始動制御やエンジン停止制御について簡単に説明する。なお、第1実施例や第2実施例の説明に用いた符号は、特に明示しない限り、そのまま同じ意味で用いる。

【0152】図35および図36のエンジン始動制御ルーチンが実行されると、駆動軸DSの回転数N<sub>d</sub>とバッテリーBTの残容量BRMを入力し（ステップS510およびS512）、入力した残容量BRMとエネルギーP<sub>d</sub>とに基づいてエンジンEGから出力すべきエネルギーP<sub>e</sub>を設定する（ステップS514）。そして、駆動軸DSの回転数N<sub>d</sub>をエンジンEGの目標回転数N<sub>e</sub>\*に、エネルギーP<sub>e</sub>を回転数N<sub>d</sub>で割った値を目標トルクT<sub>e</sub>\*に設定する（ステップS516）。駆動軸DSの回転数N<sub>d</sub>をエンジンEGの目標回転数N<sub>e</sub>\*に設定するのは、クランクシャフトCSと駆動軸DSとを同じ回転数にすることによりクラッチCLを係合状態（ON）にする際のショックをなくすためである。そして、図8および図9のエンジン始動制御ルーチンのステップS118ないしS126の処理と同一のステップS518ないしS526の処理、すなわち、スロットルバルブの初期開度SVP1や目標開度SVP\*の設定、スロットルバルブの開度SVPの初期開度SVP1への設定、点火進角FTの最遅角FT1への設定、吸気弁の開閉タイミングVTの最遅角VT1への設定、目標空燃比のリーン側への設定の処理を行なう。

【0153】続いて、トルク指令値T<sub>d</sub>\*にエンジンEGをモータリングするトルクを加えた値をモータMG3のトルク指令値T<sub>m3</sub>\*に設定する（ステップS528）。ここで、エンジンEGをモータリングするトルクは、ステップS520ないしS526によって設定された運転条件で、クラッチCLを半クラッチの係合状態としたときにエンジンEGを目標回転数N<sub>e</sub>\*で回転できるトルクとして定められるものである。そして、クラッチCLを半クラッチの係合状態として（ステップS530）、エンジンEGのモータリングを開始する。

【0154】次に、エンジンEGの回転数N<sub>e</sub>と目標回転数N<sub>e</sub>\*との偏差が偏差ΔN<sub>e</sub>未満になるのを待って（ステップS532およびS534）、クラッチCLを滑りのない係合状態（ON）とし（ステップS535）、燃料噴射量の制御や点火制御などを開始し（ステップS536）、エンジンEGが始動するのを確認する（ステップS538）。続いて、図8および図9のエンジン始動制御ルーチンのステップS140ないしS146の処理と同一のステップS540ないしS546の処理、すなわち目標空燃比の理論空燃比への設定、スロットルバルブの開度SVPの増加、点火進角FTの進角、

開閉タイミングVTの進角の処理を行なう。そして、カウンタCの値と目標回転数N<sub>e</sub>\*とに基づいてエンジンEGから出力されると見込まれるトルクをトルク指令値T<sub>d</sub>\*から減じてモータMG3のトルク指令値T<sub>m3</sub>\*算出し（ステップS550）、カウンタCをインクリメントして（ステップS554）、カウンタCが繰り返し回数C<sub>set</sub>以上となるまでステップS542に戻る

（ステップS556）。ここで、この変形例では、各カウンタCの値に応じて各回転数におけるエンジンEGから出力されるトルクT<sub>e</sub>を実験により求めて車両コントローラCCの図示しないROMにマップとして記憶しておき、カウンタCと目標回転数N<sub>e</sub>\*とが与えられると記憶したマップから対応するトルクの値をエンジンEGから出力されると見込まれるトルクとして導出するものとした。このように導出できるのは、スロットルバルブの開度SVPの増加や点火進角FTの進角および開閉タイミングVTの進角が、ステップS542ないしS550をカウンタCがインクリメントされる毎に所定量ずつ行なわれることに基づく。すなわち、カウンタCの値と目標回転数N<sub>e</sub>\*とが与えられれば、エンジンEGの運転状態は定まるのである。ある回転数で回転しているときのカウンタCとエンジンEGから出力されるトルクT<sub>e</sub>との関係の一例を図37に示す。こうした変形例の動力出力装置310によるエンジンEGの始動時のタイミングチャートを図38に例示する。

【0155】図39のエンジン停止制御ルーチンは、エンジン250が目標回転数N<sub>e</sub>\*で回転するようクラッチモータ230のトルク指令値T<sub>c</sub>\*を設定する処理

（ステップS394およびS396）およびクラッチモータ230から駆動軸222に出力されるトルクを打ち消すようアシストモータ240のトルク指令値T<sub>a</sub>\*を設定する処理（ステップS398）に代えてカウンタCの値と目標回転数N<sub>e</sub>\*とに基づいて求められるエンジンEGから出力されると見込まれるトルクをトルク指令値T<sub>d</sub>\*から減じてモータMG3のトルク指令値T<sub>m3</sub>\*を算出する処理（ステップS598）を実行する点と、ステップS588ないしS602の処理を繰り返し回数C<sub>set</sub>だけ繰り返した後にクラッチCLを非係合状態（OFF）とする処理（ステップS606）を実行する点とを除いて第2実施例の動力出力装置220が実行する図30のエンジン停止制御ルーチンと同一である。したがって、図39のエンジン停止制御ルーチンのこれ以上の説明は要しない。なお、こうした変形例のエンジンEGの運転停止時のタイミングチャートを図40に例示する。

【0156】以上説明したように、変形例の動力出力装置310でも第1実施例の動力出力装置110や第2実施例の動力出力装置220と同様のエンジン始動制御

（図35および図36）やエンジン停止制御（図39）を行なうことができる。したがって、変形例の動力出力

装置310によっても、第1実施例の動力出力装置110や第2実施例の動力出力装置220が奏する効果と同様の効果を奏することができる。

【0157】以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明はこうした実施の形態に何等限定されるものではなく、例えば、動力出力装置を車両に搭載するのではなく、船舶、航空機などの交通手段やその他各種産業機械などに搭載する構成など、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例としての動力出力装置110の概略構成を示す構成図である。

【図2】実施例の動力出力装置110の部分拡大図である。

【図3】実施例の動力出力装置110を組み込んだ車両の概略の構成を例示する構成図である。

【図4】実施例の動力出力装置110の動作原理を説明するためのグラフである。

【図5】実施例におけるプラネタリギヤ120に結合された3軸の回転数とトルクの関係を示す共線図である。

【図6】実施例におけるプラネタリギヤ120に結合された3軸の回転数とトルクの関係を示す共線図である。

【図7】実施例の制御装置180により実行される出力エネルギー演算ルーチンを例示するフローチャートである。

【図8】実施例の制御装置180により実行されるエンジン始動制御ルーチンの前半部を例示するフローチャートである。

【図9】実施例の制御装置180により実行されるエンジン始動制御ルーチンの後半部を例示するフローチャートである。

【図10】実施例の動力出力装置110がモータMG2から出力されるトルク $T_m2$ だけで駆動する動作状態にあるときの共線図である。

【図11】スロットルバルブ166の開度 $SV_P$ とエンジン150から出力されるトルク $T_e$ との関係を例示するグラフである。

【図12】点火進角 $FT$ とエンジン150から出力されるトルク $T_e$ との関係を例示するグラフである。

【図13】エンジン150のサイクルと燃焼室154のバルブリフトとの関係を例示する説明図である。

【図14】吸気弁152の開閉タイミング $VT$ と吸入空気量との関係を例示するグラフである。

【図15】実施例の制御装置180により実行されるモータMG1の制御ルーチンを例示するフローチャートである。

【図16】実施例の制御装置180により実行されるモータMG2の制御ルーチンを例示するフローチャートである。

【図17】エンジン150の始動時の状態を説明するタイミングチャートである。

【図18】実施例の制御装置180により実行されるエンジン停止制御ルーチンを例示するフローチャートである。

【図19】エンジン150の運転停止時の状態を説明するタイミングチャートである。

【図20】実施例の動力出力装置110を4輪駆動車に適用したときの具体例である動力出力装置110Bを組み込んだ車両の概略構成を示す構成図である。

【図21】本発明の第2実施例としての動力出力装置220の概略構成を示す構成図である。

【図22】第2実施例の動力出力装置220を組み込んだ車両の概略の構成を例示する構成図である。

【図23】第2実施例の動力出力装置220の動作原理を説明するためのグラフである。

【図24】第2実施例の制御装置280により実行される出力エネルギー演算ルーチンを例示するフローチャートである。

【図25】第2実施例の制御装置280により実行されるエンジン始動制御ルーチンの前半部を例示するフローチャートである。

【図26】第2実施例の制御装置280により実行されるエンジン始動制御ルーチンの後半部を例示するフローチャートである。

【図27】第2実施例の制御装置280により実行されるクラッチモータ制御ルーチンを例示するフローチャートである。

【図28】第2実施例の制御装置280により実行されるアシストモータ制御ルーチンを例示するフローチャートである。

【図29】第2実施例におけるエンジン250の始動時の状態を説明するタイミングチャートである。

【図30】第2実施例の制御装置280により実行されるエンジン停止制御ルーチンを例示するフローチャートである。

【図31】第2実施例におけるエンジン250の運転停止時の状態を説明するタイミングチャートである。

【図32】第2実施例の変形例の動力出力装置220Aの概略構成を示す構成図である。

【図33】第2実施例の動力出力装置220を4輪駆動車に適用したときの具体例である動力出力装置220Bを組み込んだ車両の概略構成を示す構成図である。

【図34】変形例の動力出力装置310の概略構成を示す構成図である。

【図35】変形例の動力出力装置310により実行されるエンジン始動制御ルーチンの前半部を例示するフローチャートである。

【図36】変形例の動力出力装置310により実行されるエンジン始動制御ルーチンの後半部を例示するフロー

チャートである。

【図37】カウンタCとエンジンEGから出力されるトルクTeとの関係の一例を示すグラフである。

【図38】変形例の動力出力装置310におけるエンジンEGの始動時の状態を説明するタイミングチャートである。

【図39】変形例の動力出力装置310により実行されるエンジン停止制御ルーチンを例示するフローチャートである。

【図40】変形例の動力出力装置310におけるエンジンEGの運転停止時の状態を説明するタイミングチャートである。

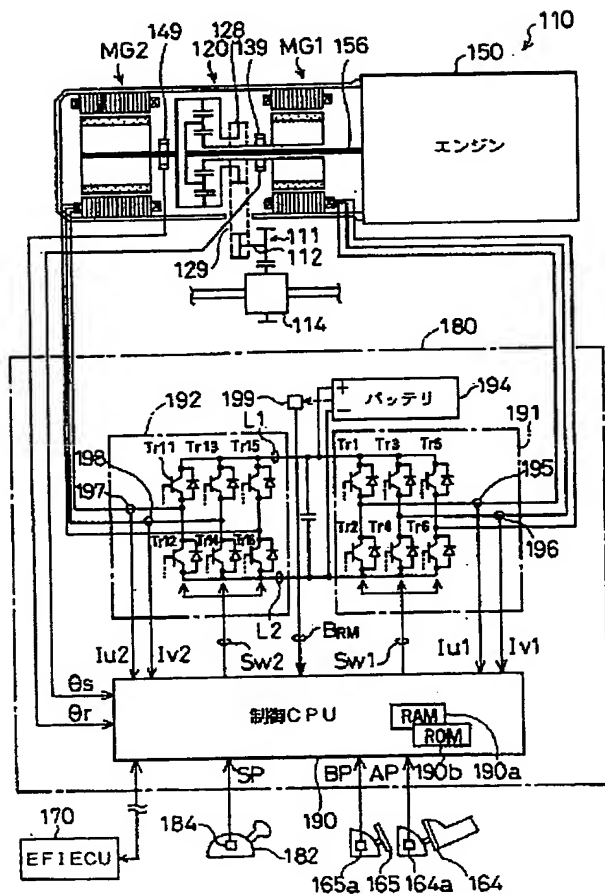
【符号の説明】

110…動力出力装置  
111…動力伝達ギヤ  
112…駆動軸  
114…ディファレンシャルギヤ  
115…ケース  
116, 118…駆動輪  
117, 119…駆動輪  
120…プラネタリギヤ  
121…サンギヤ  
122…リングギヤ  
123…プラネタリピニオンギヤ  
124…プラネタリキャリア  
125…サンギヤ軸  
126…リングギヤ軸  
128…動力取出ギヤ  
129…チェーンベルト  
132…ロータ  
133…ステータ  
134…三相コイル  
135…永久磁石  
139…レゾルバ  
142…ロータ  
143…ステータ  
144…三相コイル  
145…永久磁石  
149…レゾルバ  
150…エンジン  
151…燃料噴射弁  
152…吸気弁  
153…開閉タイミング変更機構  
154…燃焼室  
155…ピストン  
156…クランクシャフト  
158…イグナイタ  
160…ディストリビュータ  
162…点火プラグ  
164…アクセルペダル

164a…アクセルペダルポジションセンサ  
165…ブレーキペダル  
165a…ブレーキペダルポジションセンサ  
166…スロットルバルブ  
167…スロットルバルブポジションセンサ  
168…アクチュエータ  
170…E F I E C U  
172…吸気管負圧センサ  
173…カムシャフトポジションセンサ  
174…水温センサ  
176…回転数センサ  
178…回転角度センサ  
179…スタータスイッチ  
180…制御装置  
182…シフトレバー  
184…シフトポジションセンサ  
190…制御CPU  
190a…RAM  
190b…ROM  
20 191…第1の駆動回路  
192…第2の駆動回路  
194…バッテリー  
195, 196…電流検出器  
197, 198…電流検出器  
199…残容量検出器  
220…動力出力装置  
222…駆動軸  
223…ギヤ  
224…ディファレンシャルギヤ  
30 226, 228…駆動輪  
227, 229…駆動輪  
230…クラッチモータ  
232…アウトロータ  
234…インナロータ  
235…永久磁石  
236…三相コイル  
238…スリップリング  
238a…回転リング  
238b…ブラシ  
40 239…レゾルバ  
240…アシストモータ  
242…ロータ  
243…ステータ  
244…三相コイル  
245…ケース  
246…永久磁石  
248…レゾルバ  
249…ベアリング  
250…エンジン  
50 251…燃料噴射弁

252…吸気弁  
 256…クランクシャフト  
 260…ディストリビュータ  
 262…点火プラグ  
 264…アクセルペダル  
 265…ブレーキペダル  
 264a…アクセルペダルポジションセンサ  
 265a…ブレーキポジションセンサ  
 266…スロットルバルブ  
 270…EFI ECU  
 278…回転角度センサ  
 280…制御装置  
 284…シフトポジションセンサ  
 290…制御CPU  
 290a…RAM  
 290b…ROM  
 291…第1の駆動回路  
 292…第2の駆動回路  
 294…バッテリー

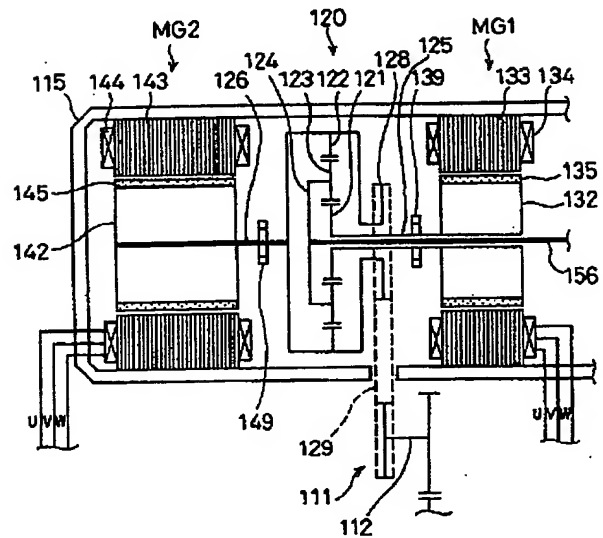
【図1】



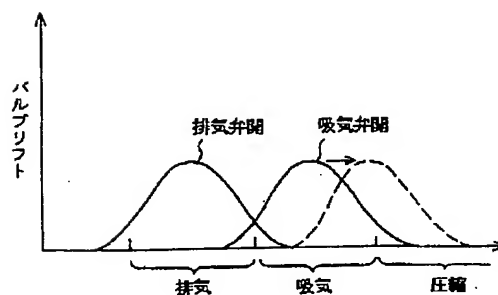
\* 295, 296…電流検出器  
 297, 298…電流検出器  
 299…残容量検出器  
 310…動力出力装置  
 AH…駆動輪  
 BT…バッテリー  
 CC…車両コントローラ  
 CL…クラッチ  
 CS…クランクシャフト  
 10 DG…デファレンシャルギヤ  
 DS…駆動軸  
 EG…エンジン  
 L1, L2…電源ライン  
 MG1…モータ  
 MG2…モータ  
 MG3…モータ  
 Tr1~Tr6…トランジスタ  
 Tr11~Tr16…トランジスタ

\*

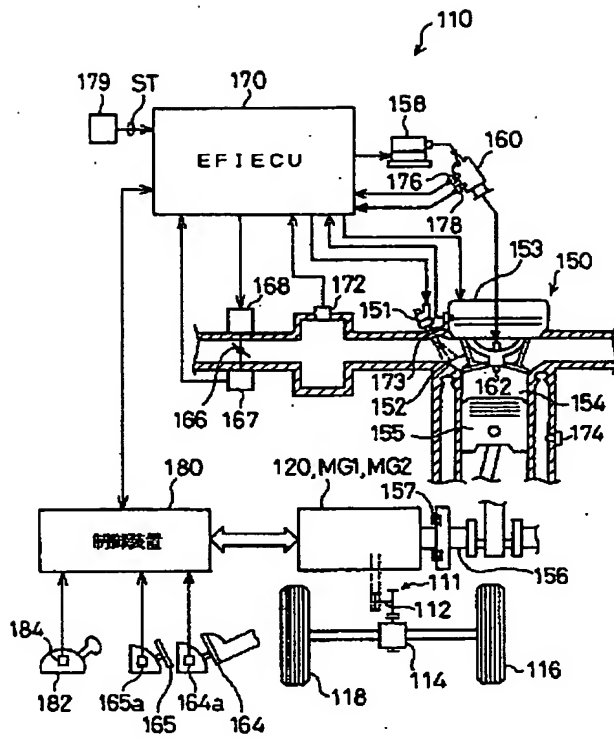
【図2】



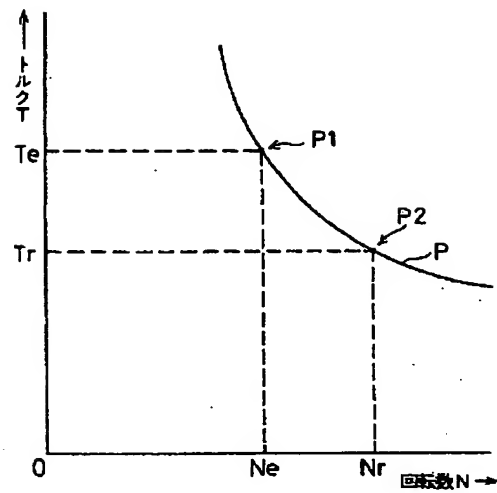
【図13】



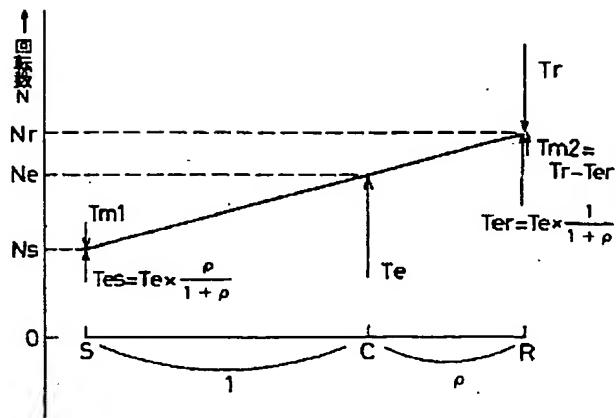
【図3】



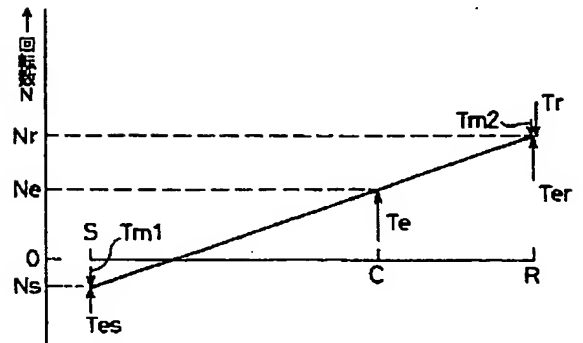
【図4】



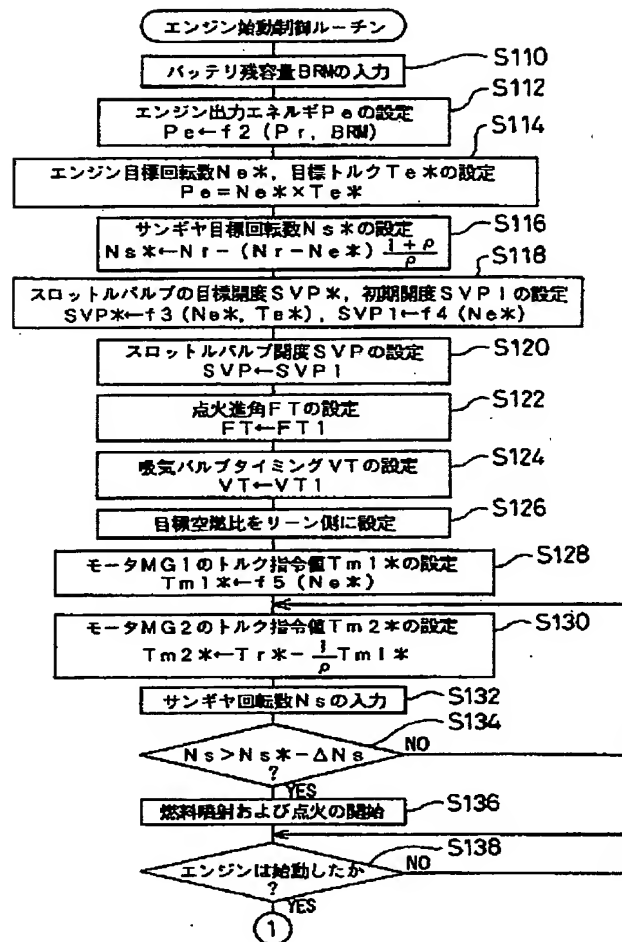
【図5】



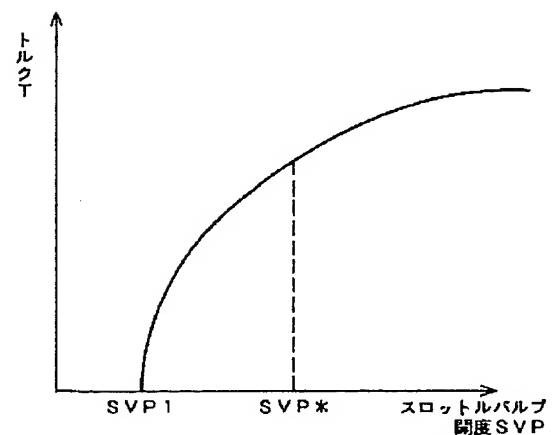
【図6】



【图8】

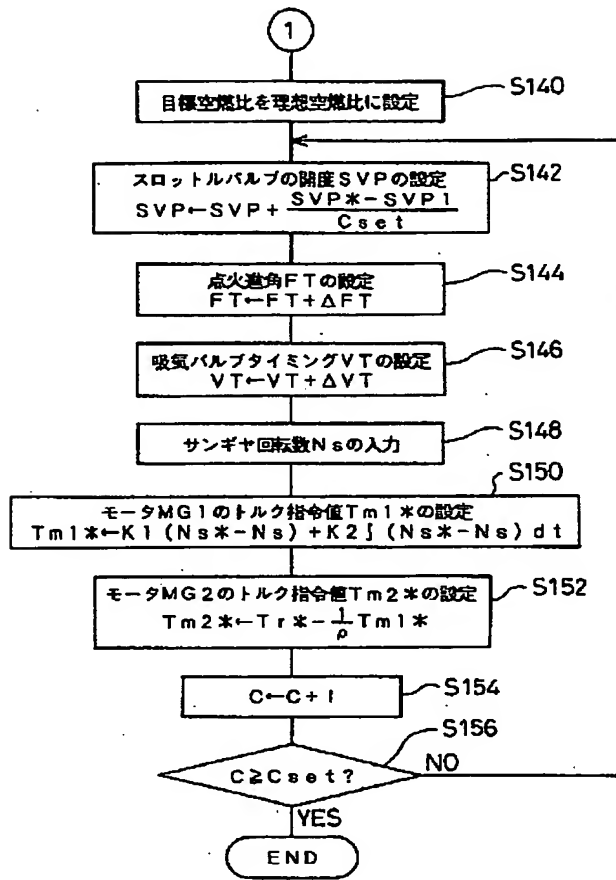


【图 1 1】

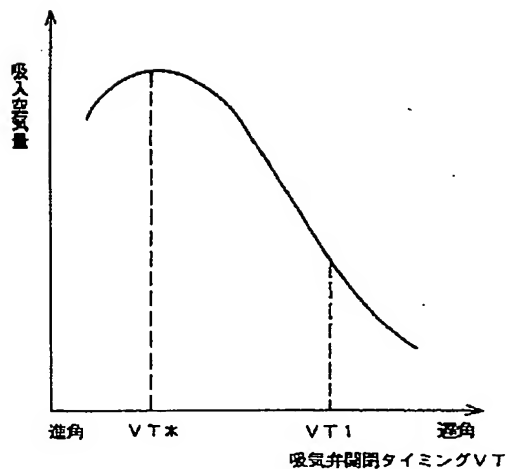




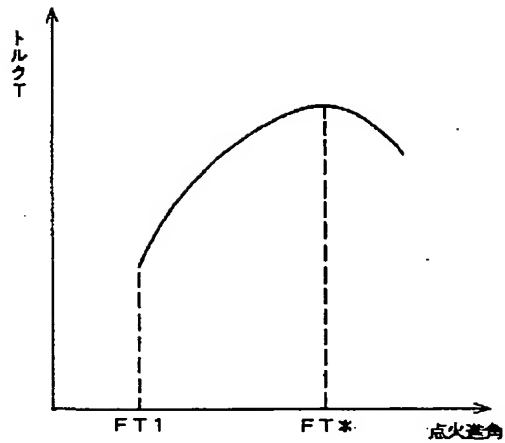
【図9】



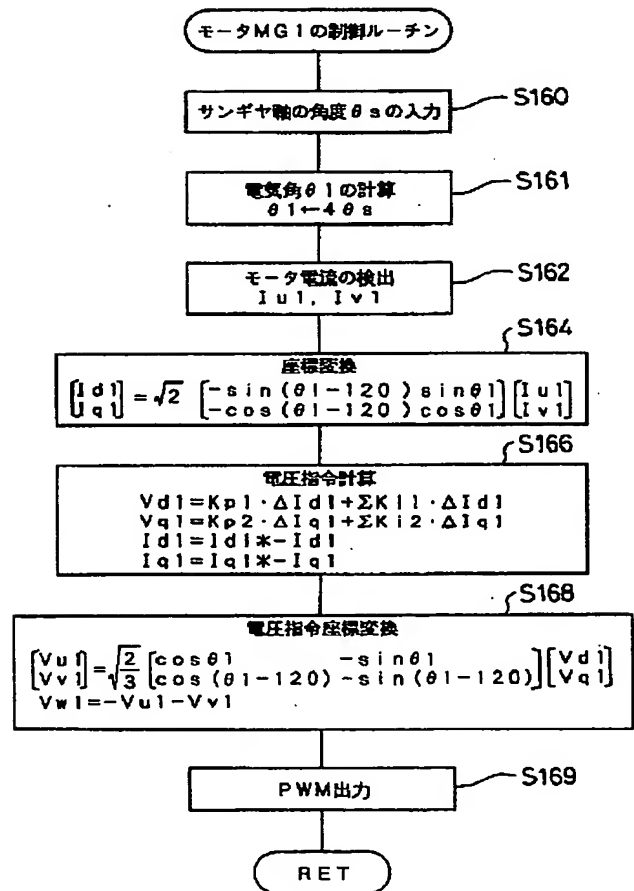
【図14】



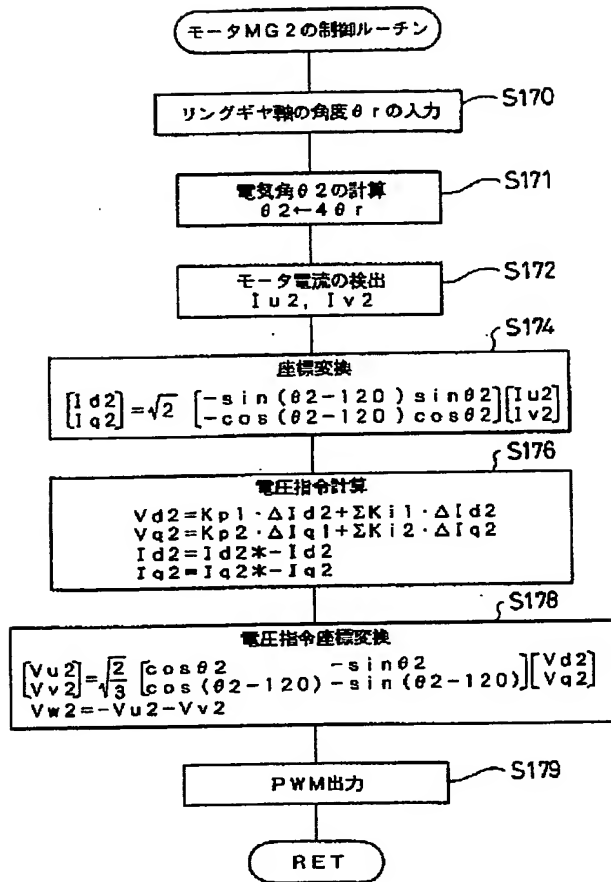
【図12】



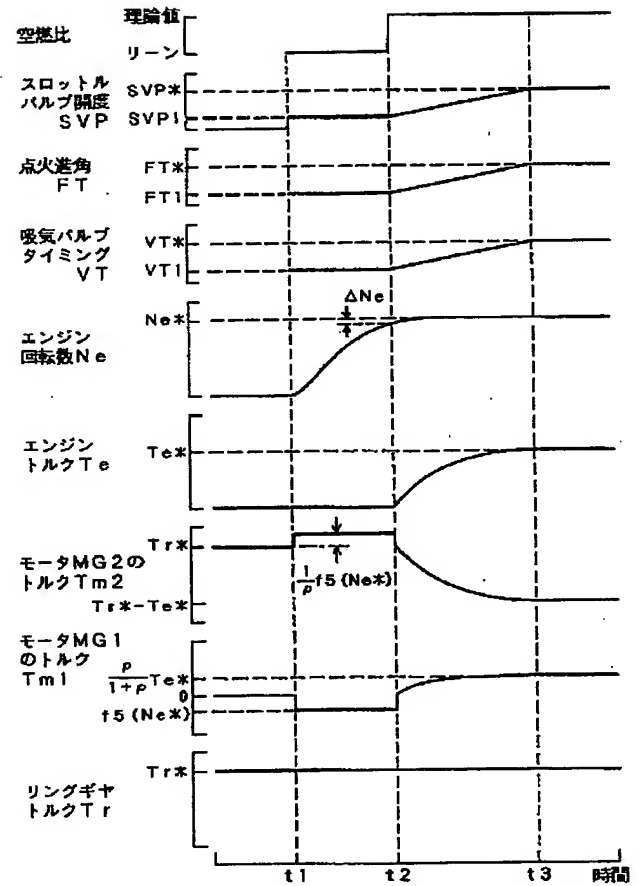
【図15】



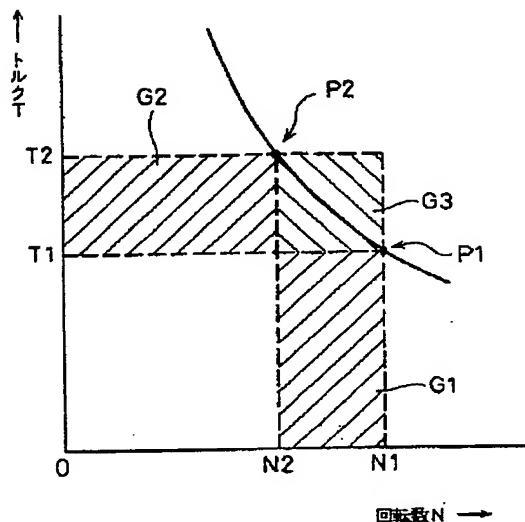
【図16】



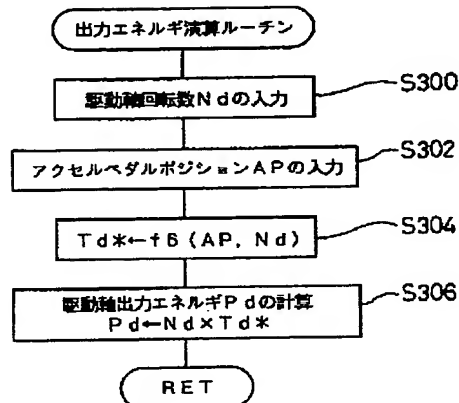
【図17】



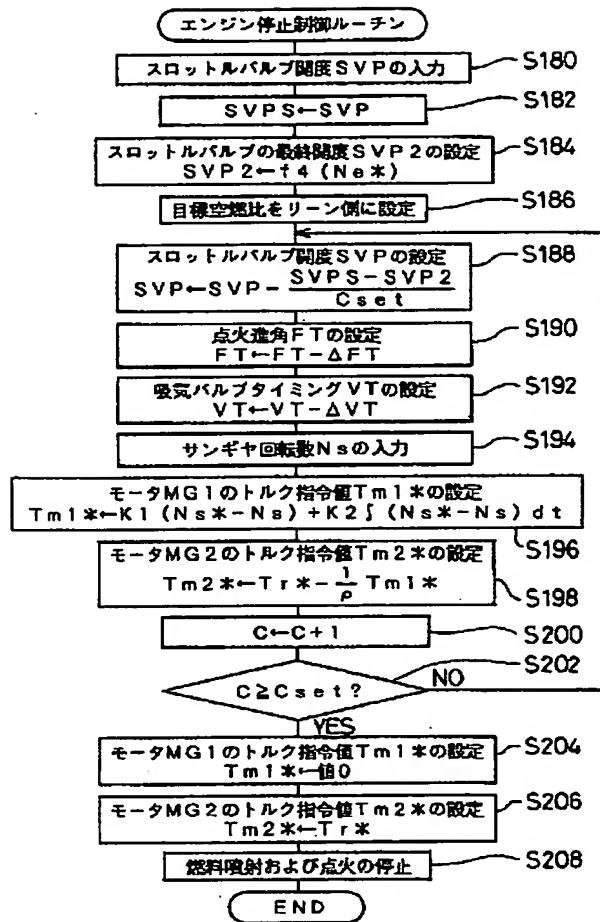
【図23】



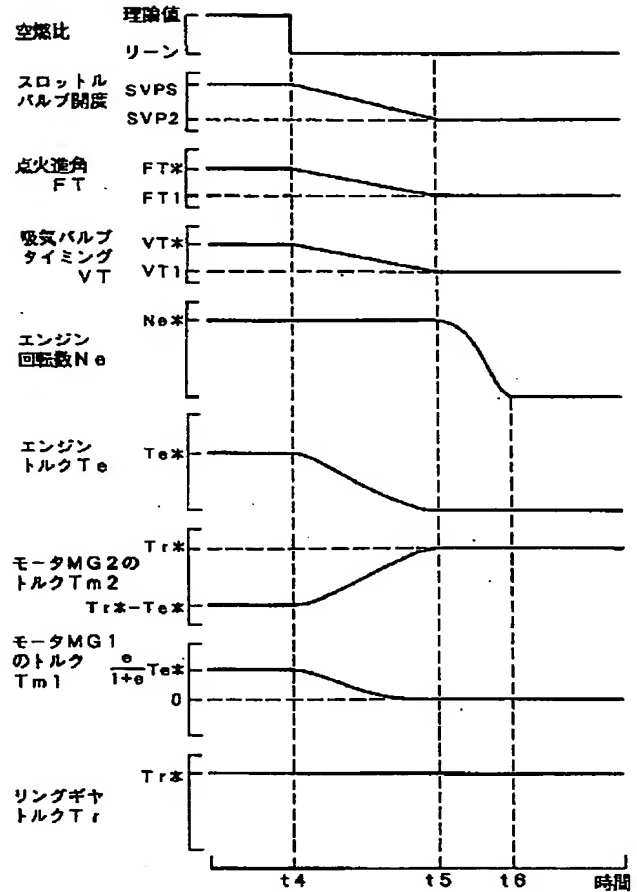
【図24】



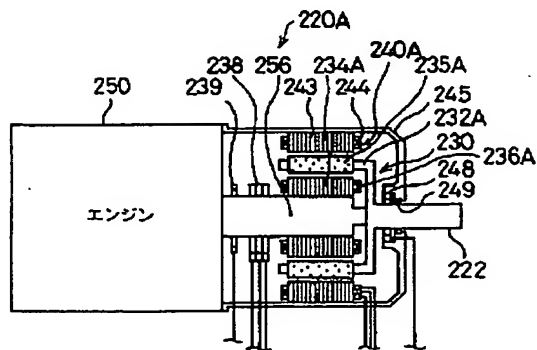
【図18】



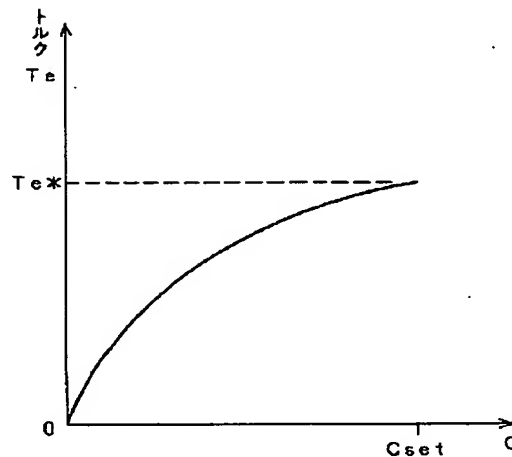
【図19】



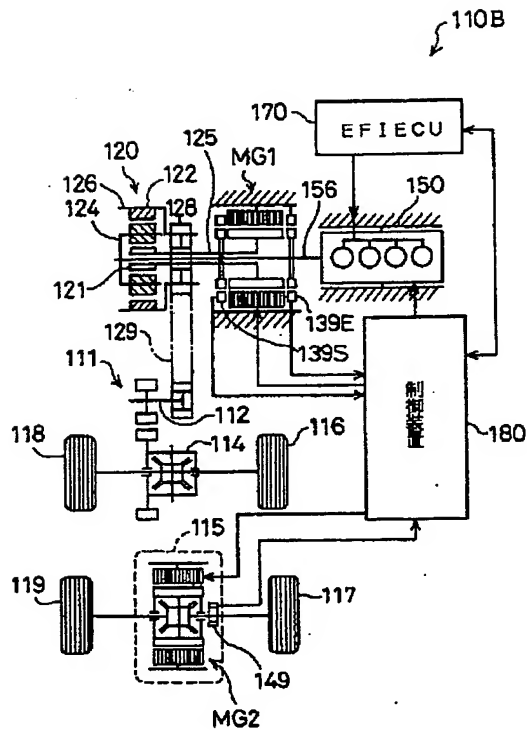
【図32】



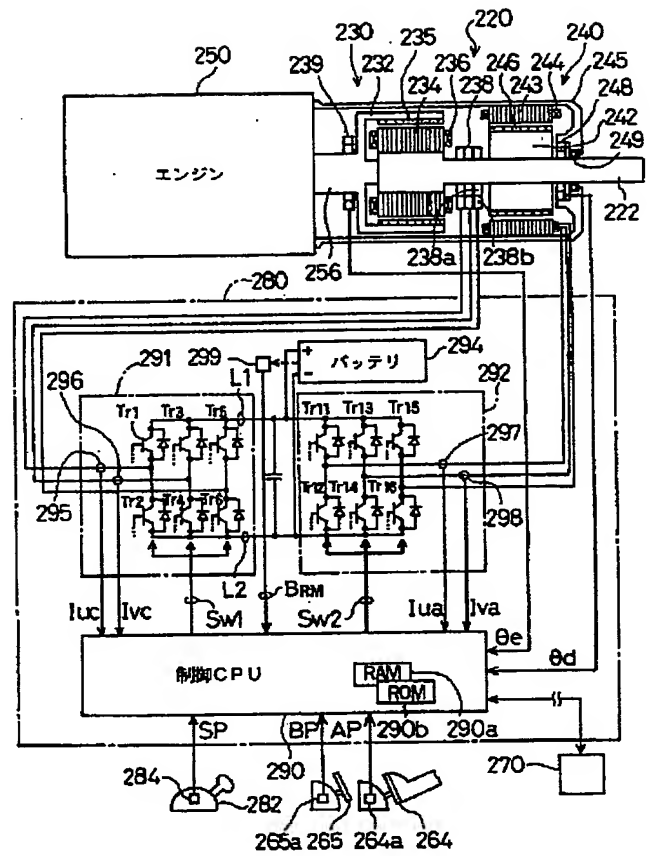
【図37】



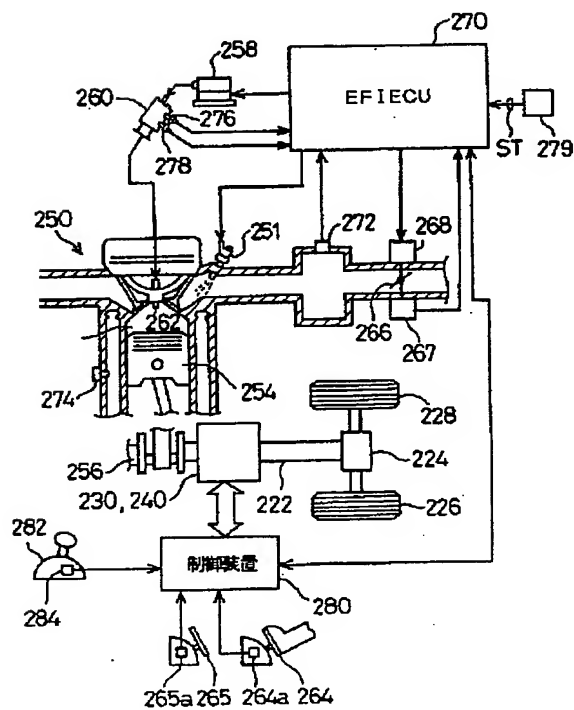
【図20】



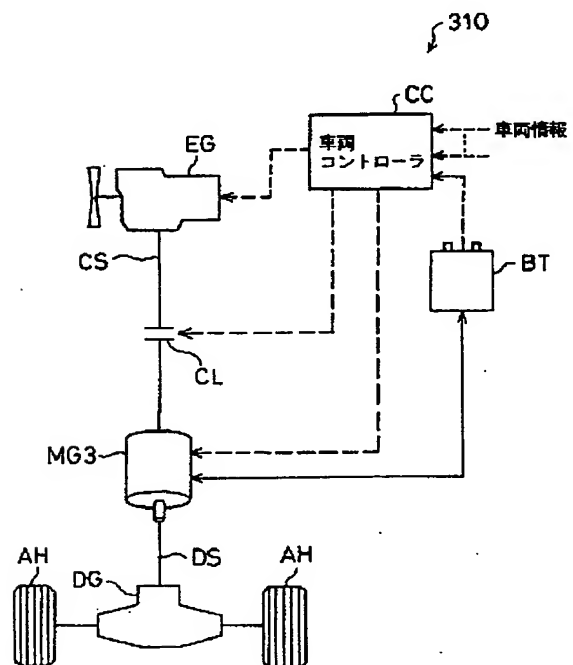
【図21】



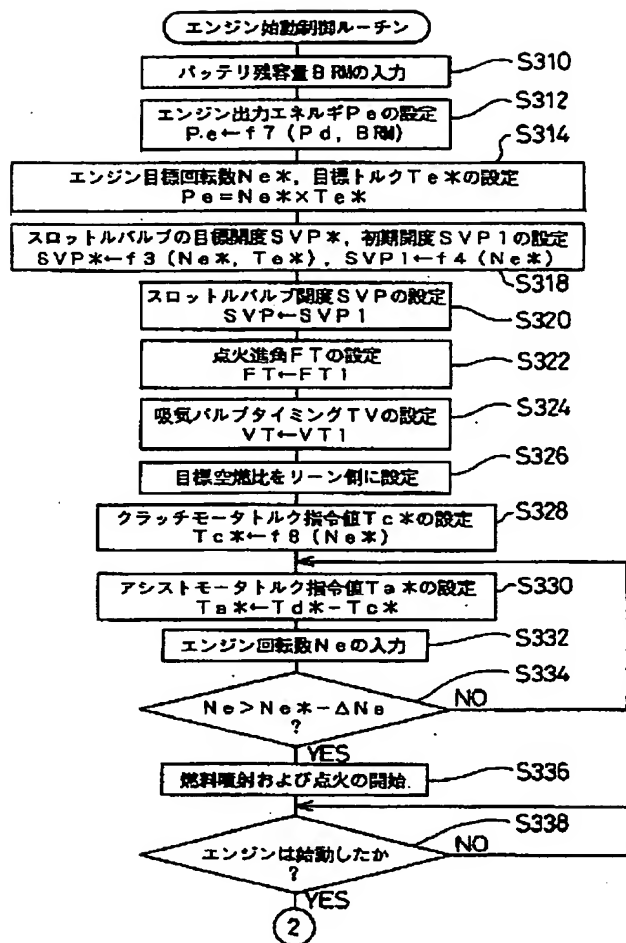
【図22】



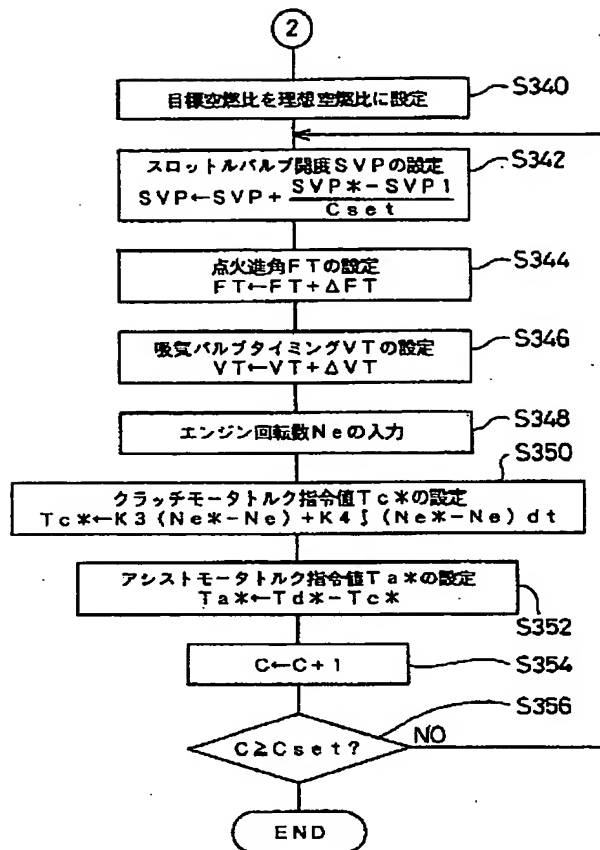
【図34】



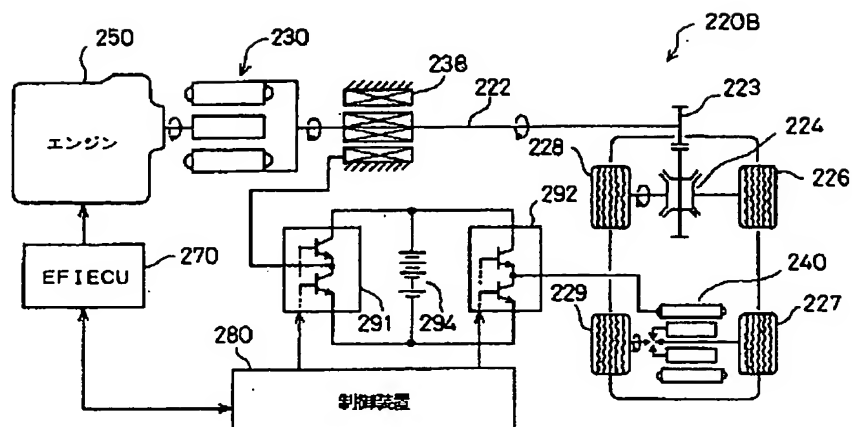
【図25】



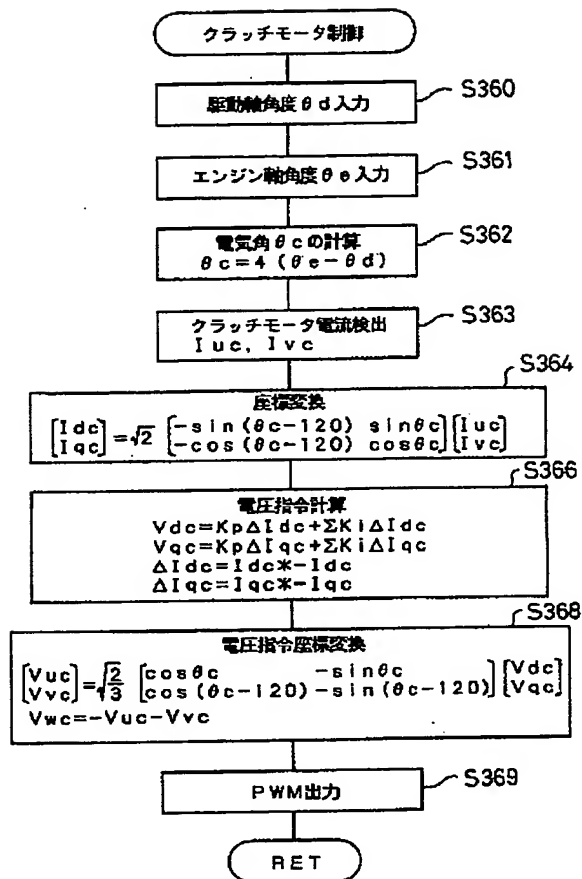
【図26】



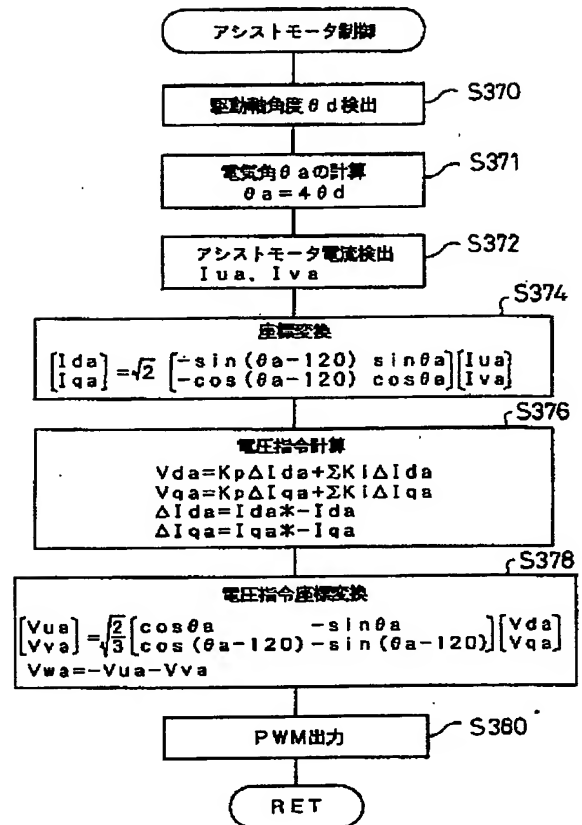
【図33】



【図27】

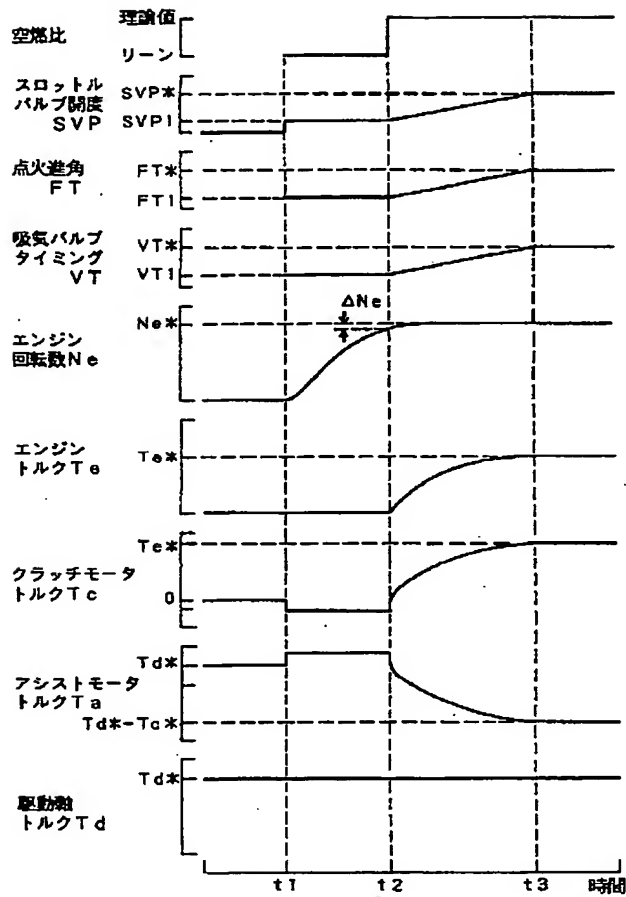


【図28】

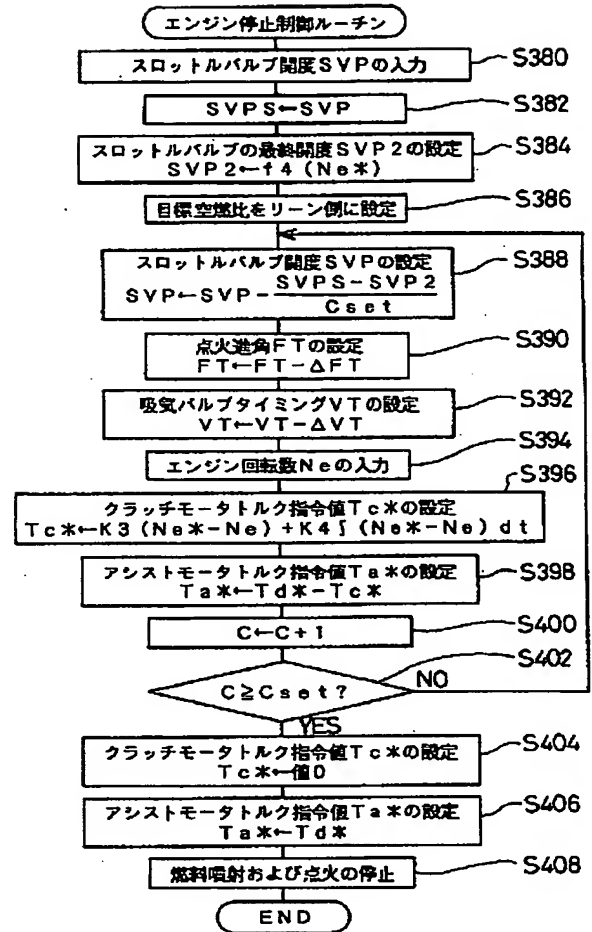




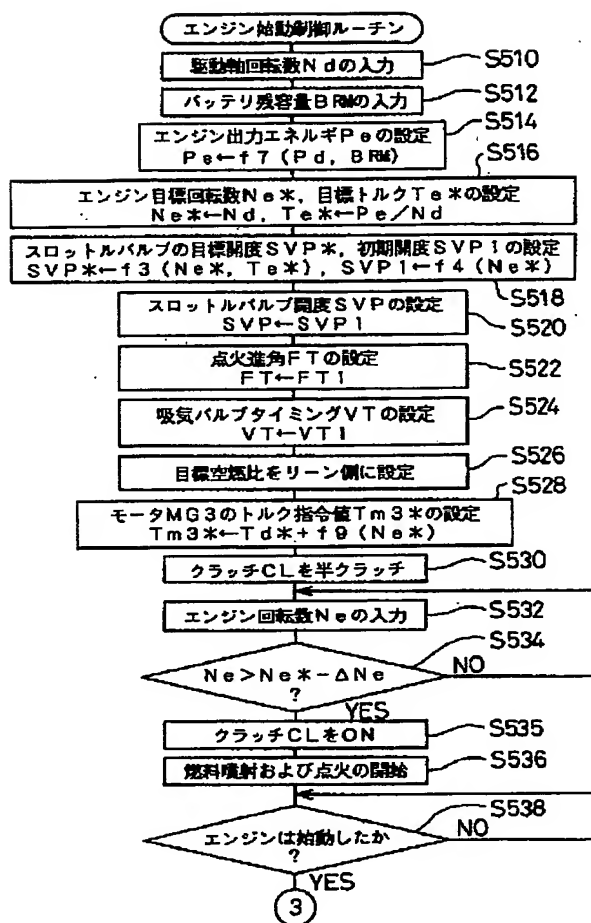
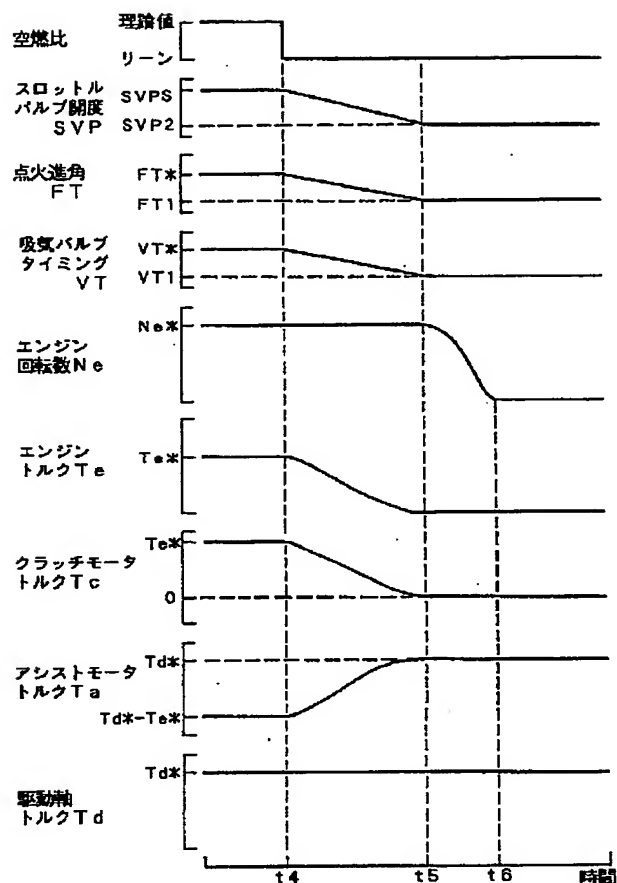
【図29】



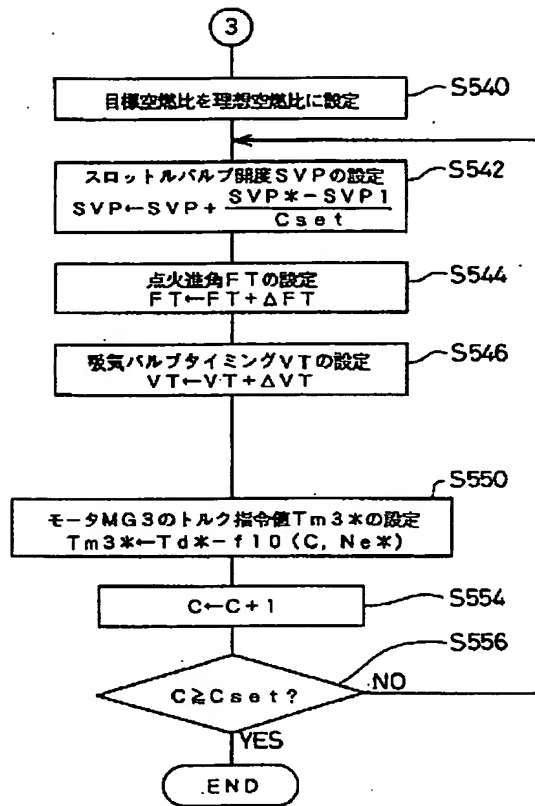
【図30】



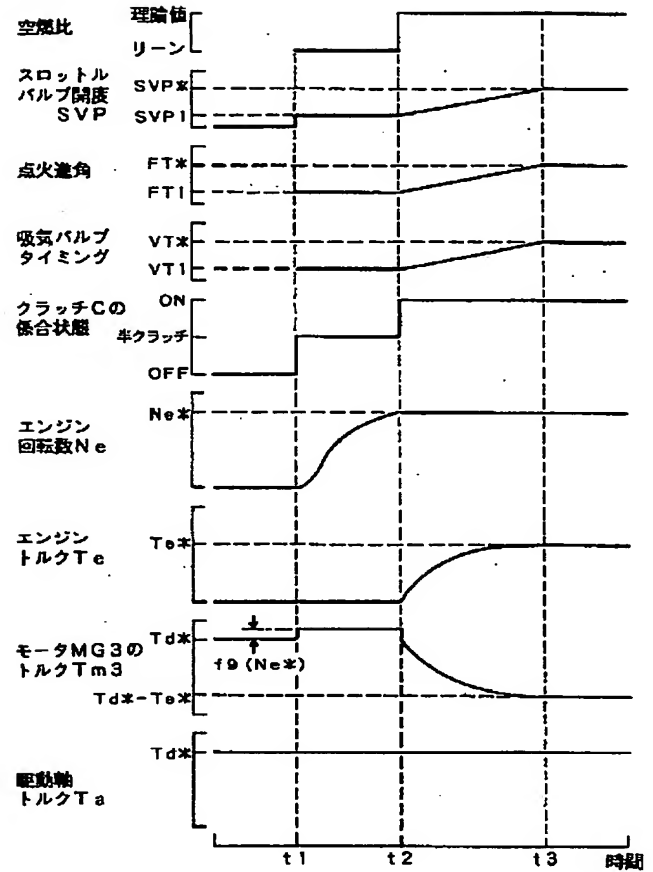
【图 3 5】



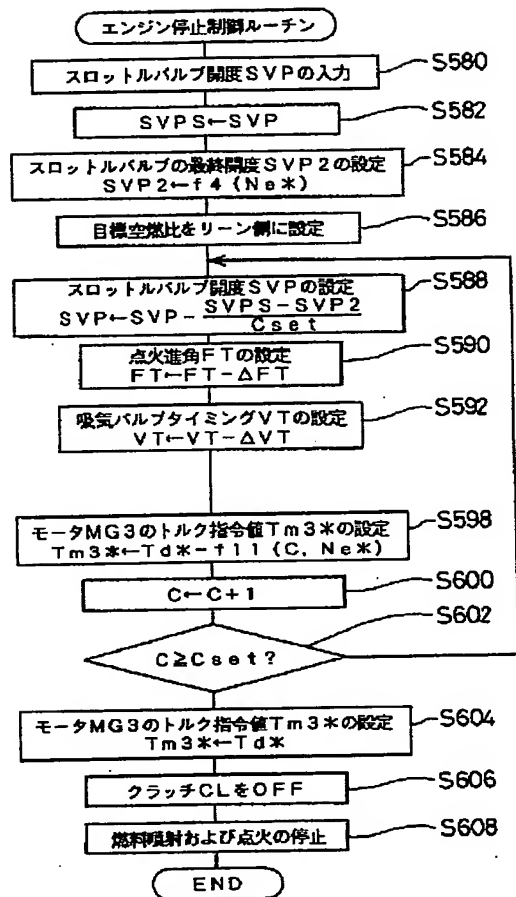
【図36】



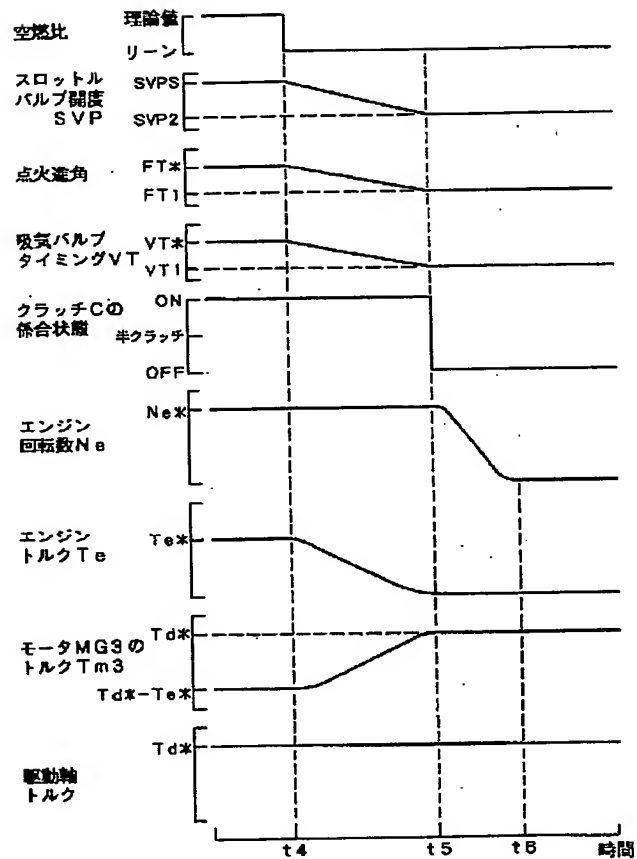
【図38】



【図39】



【図40】



フロントページの続き

(72)発明者 長瀬 健一  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内